

Jarkko Kivimäki

**CNC-koneen tuotannon tehostaminen**

Nordic Kaluste Ky

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Tekniikan yksikkö

Puutekniikan koulutusohjelma



## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

### OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö  
Koulutusohjelma: Puutekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Jarkko Kivimäki

Työn nimi: CNC-koneen tuotannon tehostaminen

Ohjaaja: Heikki Heiskanen

Vuosi: 2011

Sivumäärä: 60

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä Nordic Kaluste Ky:n Morbidelli Author 503 CNC-koneesta mahdollisimman tehokas ja tehdä uudet tehokkaat NC-ohjelmat yleisimmille kaapistoille. Työstöaikoja saadaan lyhennettyä muun muassa määrittämällä uudet poratappien paikat, teräjärjestys ja työstöjärjestys sekä lyhentämällä asetusajoja.

Kirjallisuudessa tutkitaan mm. NC-ohjelmointia, CNC-tekniikkaa, CAD- ja CAM-järjestelmiä, työstöaikoja, tuotannon tehostamista ja kaapistojen nimeämismalleja.

Työssä tehtiin esiselvitys, jossa selvitettiin käytettävät raaka-aineet, mitoitus, origon paikka, tarvittavat työkalut, terät, työstöarvot ja työstöjärjestys. Ohjelmista pyrittiin saamaan myös mahdollisimman käytännölliset. Ennen varsinaisten ohjelmien tekoa työstösuunnat ynnä muut testattiin, että ohjelmat toimivat. Ohjelmien tekemiseen käytettiin Aspan 5.0 CAD/CAM-järjestelmää.

Oleellisia muutoksia oli, että hyllynkannattimien poraukset siirrettiin samalle tasolle saranoiden reikien kanssa, jotta niille saataisiin porattua reiät samalla kertaa. Uuden teräjärjestyksen määrittämisellä saatiin vähennettyä porauksien määrää. CNC-koneen työstöajat saatiin noin 23–30 % alkuperäisiä ohjelmia nopeammaksi. Ohjelmat nimettiin RT-kortteja soveltaen siten, että niistä selviää kaapin tyyppi, syvyys, korkeus, sekä muut tarvittavat käytännön tiedot. Ohjelman nimeämisellä saatiin lyhyemmät asetusajat ja looginen kaava ohjelmien nimeämiseen jatkoa varten.

Asiasanat: työstö, työstökoneet, tietokoneavusteinen suunnittelu, tietokoneavusteinen valmistus, ohjelmointi

## SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

### **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Wood Technology

Author: Jarkko Kivimäki

Title of the thesis: Enhancing the production of CNC-machining centre  
Supervisor: Heikki Heiskanen

Year: 2011                      Number of pages: 60      Number of appendices: 1

---

The aim of the thesis is to rationalize and enhance the production of Morbidelli Author 503 CNC-machining centre for the company called Nordic Kaluste. Nordic Kaluste manufactures kitchen furniture. The research for the thesis started by interviewing the managing director and gathering the information needed.

The most efficient ways to rationalize the production of the CNC-machining centre were creating new NC-programs for the CNC-machining centre, reorganizing machine-tooling order, reorganizing bores in the boring unit and renaming the NC-programs logically so that the programs were easier and quicker to find from CNC-machining centre.

The most important improvements were achieved by moving the borings for hinges to the same distance (37 mm from the edge) with shelf studs, making the borings faster. Also reorganizing bores in the boring unit achieved the boring times for wood pins and drawers to be shorter than before. By renaming the programs, the company got a new logical pattern to name the NC-programs in the future. The programs are now quick and easy to find from the CNC-machining centre.

The result of the thesis was that the new NC-programs were 23–30 % faster than the old ones.

Keywords: machine tooling, machine tools, computer-aided design, computer-aided manufacturing, programming

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### SISÄLLYS

<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>6</b>
1.1 Työn tausta .....	6
1.2 Työn tavoitteet.....	6
1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi.....	6
1.4 Yritysesittely - Nordic Kaluste Ky .....	7
<b>2 KIRJALLISUUSOSA .....</b>	<b>8</b>
2.1 NC-Ohjelmointi.....	8
2.1.1 Koordinaatisto ja akselit .....	8
2.1.2 Manuaalinen ohjelmointi .....	10
2.1.3 Tietokoneavusteinen ohjelmointi .....	11
2.1.4 CNC-tekniikka .....	13
2.1.5 Toimintakoodit.....	14
2.1.6 NC-ohjelman suunnitteluvaiheet .....	16
2.1.7 Työstöradat .....	18
2.1.8 Työkalujen asetukset ja korjaustiedot .....	19
2.2 Tuotannon tehostaminen .....	20
2.2.1 Läpäisyaikojen lyhentäminen .....	20
2.2.2 NC-koneen kunnossapito ja huolto .....	20
2.3 Keittiökaapistojen nimeäminen .....	22
2.3.1 Pöytäkaapit .....	22
2.3.2 Seinäkaapit .....	24
2.3.3 Komerot .....	25
2.4 Työssä käytetty CNC-kone ja CAD/CAM-järjestelmä.....	27
2.4.1 Morbidelli Author 503 .....	27

2.4.2	Aspan 5.0.....	32
<b>3</b>	<b>KOKEELLINEN OSA.....</b>	<b>34</b>
3.1	Nykytila-analyysi .....	34
3.2	Testiohjelman teko .....	34
3.3	Ohjelmien nimeäminen .....	35
3.4	Ohjelmien teko .....	35
3.5	Vertailu.....	35
<b>4</b>	<b>TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU .....</b>	<b>36</b>
4.1	Nykytila-analyysi .....	36
4.1.1	Tarvittavat työstöt.....	36
4.1.2	Teräjärjestys .....	36
4.1.3	Poratappien paikat .....	40
4.1.4	Saranoiden paikat .....	41
4.1.5	Sokkelin työstö.....	41
4.2	Testiohjelman teko ja testaus.....	43
4.3	NC-ohjelmien teko.....	44
4.3.1	Työstöjärjestys .....	47
4.3.2	NC-Ohjelmien nimeäminen .....	49
4.4	Vertailu.....	52
<b>5</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>YHTEENVETO.....</b>	<b>55</b>
	<b>LÄHTEET.....</b>	<b>59</b>
	<b>LIITTEET.....</b>	<b>60</b>

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Nordic Kalusteen CNC-koneen (MorbideLLi Author 503) työstöohjelmat keittiökaapistojen sivujen työstöihin ovat melko hitaat ja työstötavoissa on kehitettävää. Ohjelmat on tehty aina, kun niitä on tarvittu, eikä ohjelmien nimeämiseen ole käytetty mitään loogista kaavaa ja siksi aikaa kuluu ohjelmien etsimiseen CNC-koneelta. Poratappien paikat, teräjäjärjestys ja työstöradat on suunniteltava uudelleen, jotta porauskertojen määrä pienenesi.

## 1.2 Työn tavoitteet

Ensisijaisena tavoitteena on tehdä yritykselle yleisimpien kaapistojen uudet työstöohjelmat ja saada niistä aiempaa tehokkaat tehokkaat. Toissijaisena tavoitteena on lyhentää CNC-koneen asetusaikoja. Asetusaikoja lyhennetään pääasiassa ohjelmien nimeämisellä.

## 1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi

Haastattelujen perusteella selvitetään ohjelmien tekemiseen tarvittavat yksityiskohdat, kuten mitoitus. CNC-koneen tehokkuutta parannetaan suunnittelemalla poratappien paikat ja teräjäjärjestys siten, että porauskerrat olisivat mahdollisimman vähäiset. Sen lisäksi työstöradat on laitettava oikeaan järjestykseen ja ohjelmista on tehtävä mahdollisimman käytännölliset, ettei CNC-kone tee turhia liikkeitä ja että asetteiden tekoon jää tarpeeksi tilaa työstöpöydän toiselle puolelle kappaleen peilikuvan työstö varten. Asetusaikoja saadaan lyhennettyä myös nimeämällä ohjelmat loogisesti siten, että niistä löytyy tarvittavat tiedot kappaleen mitoista ja työstöistä, jolloin ohjelmat löytyvät nopeasti CNC-koneelta.

#### **1.4 Yritysesittely - Nordic Kaluste Ky**

Nordic Kaluste Ky:n historia alkaa vuodesta 1979, jolloin Saarelan veljekset perustivat PTV veljekset Saarelan. Nordic Kaluste on perustettu vuonna 2007 sukupolvenvaihdon yhteydessä. Nykyinen toimitusjohtaja on Mikael Saarela. Yrityksellä on neljä työntekijää. Tehdas sijaitsee Alajärven Hoiskossa. Yritys valmistaa keittiö-, julki- ja erikoiskalusteita. Raaka-aineena käytetään pääasiassa melamiini pinnoitettua lastulevyä, mutta kalusteita valmistetaan myös MDF:sta ja massiivipuusta. Yrityksen liikevaihto on noin 200 000 €. Yhteistyökumppaneina ovat Kensapuu Oy ja Hettich International.

## **2 KIRJALLISUUSOSA**

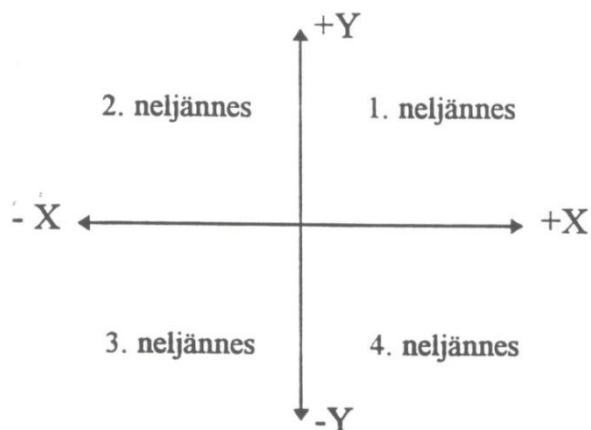
### **2.1 NC-Ohjelmointi**

Ohjelmointitapoja ovat manuaalinen ohjelmointi ja tietokoneavusteinen ohjelmointi. Muita ohjelmointitapoja ovat mm. konepajaohjelmointi, ohjelmointi erillisellä ohjelmointilaitteella, tietokoneavusteinen ohjelmointi eräajoprosessorin avulla, tai tietokoneavusteinen ohjelmointi graafisella tietokoneella, työasemalla. (Pikkarainen 1999, 74.) Tässä työssä käydään läpi vain manuaalinen ohjelmointi ja tietokoneavusteinen ohjelmointi.

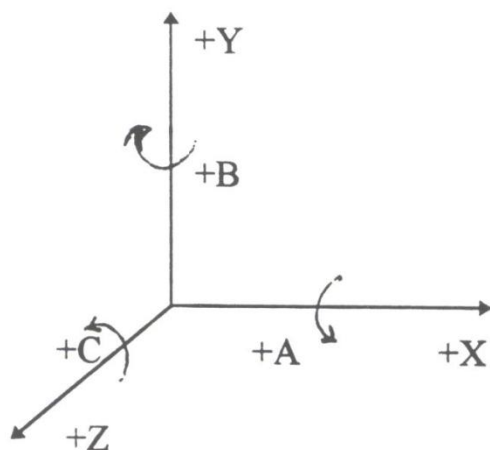
#### **2.1.1 Koordinaatisto ja akselit**

Koordinaatistossa on kolme akselia: X, Y ja Z. 2D- piirustuksissa X-akselin positiivinen suunta on yleensä oikealle, Y-akseli osoittaa ylöspäin, ja Z-akselin positiivinen suunta osoittaa katsojaan päin. Origo on yleensä vasemmalla alhaalla. Koordinaatit ilmoitetaan edellä olevassa järjestyksessä ja ne erotetaan toisistaan pilkuilla. Koordinaatit ovat suorassa kulmassa toisiinsa nähden. Tasokuvissa ilmoitetaan kaksi koordinaattia ja kolmas Z-koordinaatti jätetään ilmoittamatta. (Molari & Voutilainen 1995, 8). Kuviossa 1 on esitetty xy-koordinaatisto ja kuviossa 2 on esitetty suorakulmainen koordinaatisto, jossa on pääakselit X, Y, ja Z ja niiden kiertoakselit A, B ja C-akselit. X-akselia kiertää A-akseli, Y-akselia kiertää B-akseli ja Z-akselia kiertää C-akseli. (Maaranen 2004, 255.)





Kuvio 1. Tasokuvien koordinaatisto. X-akseli on vaakatasossa, Y-akseli on pystysä ja ilmoittamatta on jätetty Z akseli, joka osoittaa katsojan suuntaan. (Morbidelli - käyttöohjekirja 1993.)



Kuvio 2. Pääakselit X,Y ja Z ja niiden kiertoakselit A, B ja C-akselit. X-akselin positiivinen suunta osoittaa oikealle, Y-akselin ylös, ja Z-akseli katsojaan. (Maaranen 2004, 255.)

## 2.1.2 Manuaalinen ohjelmointi

Manuaalisessa ohjelmoinnissa ohjelma kirjoitetaan lause kerrallaan. NC-ohjelmat kirjoitetaan esimerkiksi tietokoneen tekstieditorilla tietokoneen tiedostoksi, minkä jälkeen ohjelma siirretään NC-koneelle. Ohjelmoijan tulee tuntea muun muassa sallitut lauserakenteet ja sanajärjestys, jokaisen sanan sallittu numeroiden lukumäärä, akseleiden lukumäärä, nimet, sijainti ja liikematkat, interpolointi ja kompensointitavat, työkierrot, kytkentätietojen ohjelmointi sekä tieto tarkasta vaikutuksesta kussakin lauserakenteessa, kiihdytys- ja jarrutuskysymykset ja mahdolliset rajoitukset ja ohjauksen erityisominaisuudet. Manuaalisella ohjelmoinnilla saadaan optimaaliset ohjelmat työstöaikojen ja ymmärrettävyyden suhteen. Jokaisen ohjelmoijan on hyvä osata laatia myös manuaalisesti hyviä ohjelmia. Tietokoneavusteisella ohjelmoinnilla pystytään harvoin laatimaan parasta mahdollista ohjelmaa, vaan sitä kehitetään manuaalisesti. (Pikkarainen 1999, 75.)

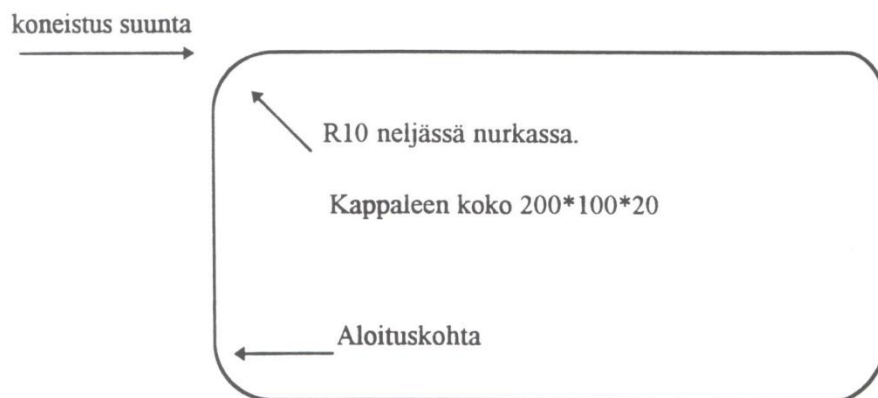
Valmistettavan kappaleen NC-ohjelmaa suoritettaessa NC-ohjain siirtää aktiivisen ohjelman välimuistiin, jossa sitä käsitellään lause kerrallaan esivalmistelun läpi. Esivalmistelun jälkeen lauseet puretaan ja niistä muodostuu komentoja. Kuviossa 3 on esimerkki manuaalisesti kirjoitetusta NC-koodista. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 184–185.)

```
DX200  DY100  DZ2   -A C1 R1 /DEF
C2
G0 X0 Y90 Z20 V9 S18.000 T119
G1 Y10 V3
G2 X10 Y0 I10 J10 V3
G1 X190 V3
G2 X200 Y10 I190 J10 V3
G1 Y90 V3
G2 X190 Y100 I190 J90 V3
G1 X10 V3
G2 X0 Y90 I10 J90 V3
```

Kuvio 3. Esimerkki NC-ohjelman koodista. (Morbidelli -käyttöohjekirja 1993.)

Ensimmäisessä sarakkeessa on usein rivin numero ja se alkaa N-kirjaimella, esimerkiksi N10, N20, N30 ja niin edelleen. Toisessa sarakkeessa, josta yllä olevan

esimerkin NC-koodi alkaa, on usein lauseen G-koodi, joka määrittää terän suoraviivaiset liikkeet tai ympyräliikkeet. Seuraavilla sarakkeilla annetaan työstön aloitus ja lopetus x, y ja z-koordinaatit. Seuraavilla sarakkeilla annetaan työstönopeudet (esim. V9), pyörimisnopeudet (esim. S18.000) ja teränumerot (esimerkiksi T119). Samoja komentoja ei tarvitse toistaa, vaan se muuttuu vasta, kun tulee seuraava komento, joka kumoaa aikaisemman komennon. Esimerkiksi työstönopeus, kierrosnopeus ja teränumero annetaan ensimmäisessä rivissä, eikä niitä tarvitse toistaa jokaisella rivillä. (Maaranen 2004, 265–268.) Kuviossa 4 on esitetty kuviossa 3 olevasta NC-koodista syntyvän työstön 2D-kuva.

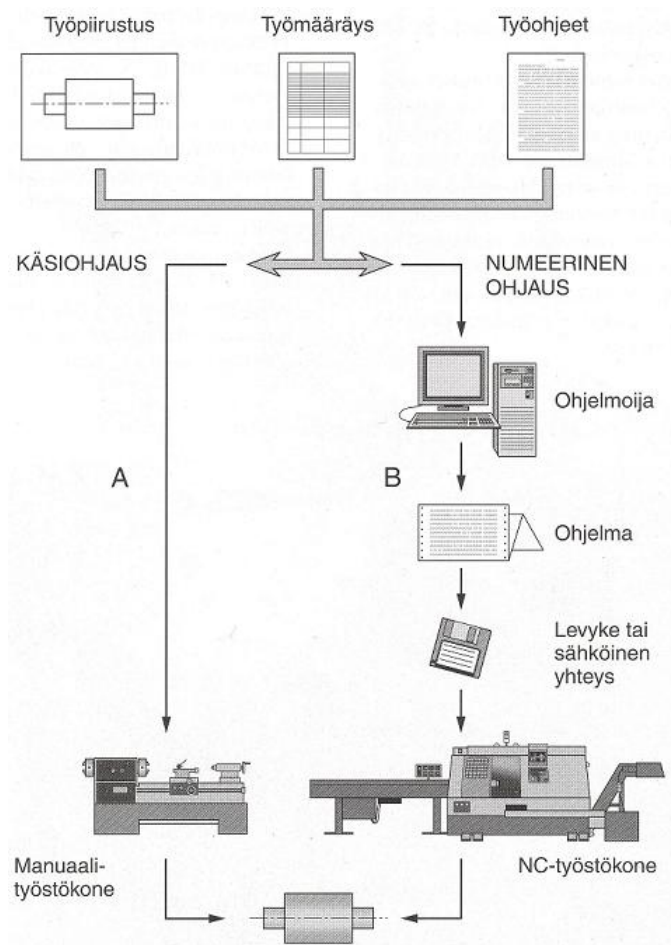


Kuvio 4. Kuvion 3 NC-koodista syntyvän työstön 2D-kuva. Koodi alkaa vasemmalta alhaalta ja työstörata kulkee kappaleen reunaa pitkin myötäpäivään ja loppuu samaan pisteeseen, mistä alkoi. (Morbideelli -käyttöohjekirja 1993.)

### 2.1.3 Tietokoneavusteinen ohjelmointi

Tietokoneavusteisessa ohjelmoinnissa kappale suunnitellaan geometrisesti käyttämällä CAD-tietokantaa. Piirretty geometria on kuvattu CAD-järjestelmän avulla kaksi- tai kolmiulotteisena. Joissakin järjestelmissä voidaan luoda työstöradat samaan tietokantaan CAD-mallin kanssa, jolloin puhutaan CAD/CAM-järjestelmästä. (Pikkarainen 1999, 142.) Kirjainyhdistelmä CAD tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua (Computer Aided Design) ja CAM tarkoittaa tietokoneavusteista valmistusta (Computer Aided Manufacturing). CAD/CAM-järjestelmässä suunnittelu eli kuvien piirtäminen ja valmistus on liitetty toisiinsa. Järjestelmä muuttaa kääntä-

jien (postprosessorien) avulla tietokoneella tehdyt kuvat ja työstöradat numeeriseksi NC-koodiksi, joka siirretään lopuksi CNC-koneelle levykkeellä tai sähköisellä yhteydellä. (ks. kuvio 5). Eri CNC-koneiden ohjausjärjestelmissä on kuitenkin toiminnallisia eroavaisuuksia, mikä tarkoittaa, että myös kääntäjät toimivat hieman eri tavoin. Lähes kaikissa järjestelmissä CNC-koneen ohjelmistolla pystytään kuitenkin avaamaan standardien mukaisia kuvatiedostoja. (Molari & Voutilainen 1995, 63.)

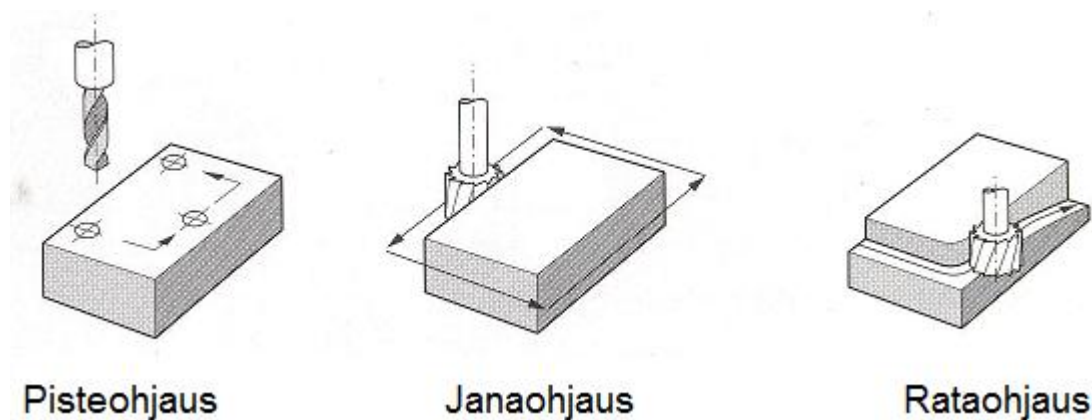


Kuvio 5. Työkappaleen valmistusvaiheet työpiirustuksesta valmiiksi kappaleeksi. (Maaranen 2004, 250.)

### 2.1.4 CNC-tekniikka

CNC tarkoittaa tietokoneistettua numeerista ohjausta (Computerized Numerical Control), ja NC tarkoittaa numeerista ohjausta (Numerical Control). (Keinänen & Kärkkäinen, 2009, 184). NC-työstökone voi olla esimerkiksi pora-, hioma-, jyrsin- ja avarruskone, sorvi, työstökeskus, ja niin edelleen. NC-tekniikkaa käytetään hyväksi myös levyntyöstö-, laserleikkaus- ja polttoleikkauskoneissa. NC-työstökoneiden ulkonäköä yhdistää niiden tukevuus ja monipuolisuus. Niitä yhdistää myös se, että kaikki liikkeet ovat ohjattavissa ja valvottavissa sähköisesti. NC-työstökoneen luistit, kelkat ja karat ovat erittäin herkkiä ja tarkkaliikkeisiä (ohjelmointitarkkuus on 0,001 mm), ja työkalun vaihdot tapahtuvat automaattisesti. (Maaranen 2004, 251.)

Eri ohjaustyyppejä ovat, piste-, jana- tai rataohjaus. Ohjaustyyppit on esitetty kuviossa 6. Pisteohjauksessa tunnetaan esim. porattavien reikien koordinaatit ja pora siirtyy pisteestä toiseen työkappaleen ulkopuolella, eikä liikkeen reitillä ole merkitystä. Liikkeen aikana ei työstetä. Poran asettuessa oikealle kohdalle alkaa varsinainen poraaminen. Janaohjauksessa voidaan työstää myös liikkeen aikana, mutta liike on vain yhden akselin suuntainen, esimerkiksi jyrsintä. Rataohjaus on muuten samanlainen kuin janaohjaus, mutta rataohjauksessa liike voi olla samanaikaisesti usean koordinaattiakselin suuntainen. (Maaranen 2004, 251.)



Kuvio 6. Ohjaustyyppit; pisteohjaus, janaohjaus ja rataohjaus. (Maaranen 2004, 251.)

NC-työstökoneen liikkeitä ja toimintoja ohjaa ohjelmoitava ohjausyksikkö. NC-koneelle tallennetaan työstöohjelma (NC-koodi), joka sisältää tiedot tarvittavan kappaleen valmistamiseen, mm. karan pyörimisnopeudet, syöttönopeudet, työkalun vaihdot ja työstöradat. Ohjelman liikkeet ja muut toiminnot kuvataan tietyillä kirjain- ja numerokoodeilla. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 184–185.)

### 2.1.5 Toimintakoodit

Tavallisimmat osoitteet, G-koodit ja M-koodit on esitetty taulukoissa 1-3 (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 184–185). Muita koodeja tai osoitteita ovat O-koodit, N-koodit, T-koodit, S-koodit ja F-koodit (ks. taulukko 1). G-koodeilla määritellään terien suoraviivaiset liikkeet ja ympyräliikkeet. M-koodeilla käynnistetään ja pysäytetään NC-työstökoneen ja ohjauksen toiminnot. O-koodit ovat ohjelmanumeroita (esimerkiksi O2808), jotka eivät vaikuta koneen toimintoihin. N-koodit ovat lausejärjestystä kuvaavia juoksevia numeroita, esimerkiksi N1, N2, N3, ja niin edelleen. T-koodeilla valitaan haluttu työkalu (esimerkiksi T06), esimerkiksi jyrsin tai pora. S-koodeilla valitaan pyörimisnopeus (esimerkiksi S1250) 1/min. F-koodeilla valitaan syöttönopeus mm/r tai mm/min (esimerkiksi F0.15 tai F150). (Maaranen, 2004, 266–268.)

Taulukko 1. NC-ohjelman tavallisimmat osoitteet. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 191.)

O 1256	Ohjelman numero
N10	Lauseen numero
G	Liikekäskyn tyyppin määrittäjä
X,Y,Z	Pääliikeakselit
I,J,K	Kaarensäteen ja keskipisteen osoitteet ympyräkaari interpolaatiolla
R	Kaaren säde
S	Karan pyörimisnopeus
F	Syöttö
T	Työkalunvalinta
H,D	Työkalukorjaimien osoitteet
M	Aputoiminto

Taulukko 2. Tavallisimmat G-koodit. (Keinänen &amp; Kärkkäinen 2009, 191.)

G0+	Paikoitus pikaliikkeellä
G1+	Suoraviivainen syöttöliike
G2+	Ympyränkaariliike myötäpäivään
G3+	Ympyränkaariliike vastapäivään
G4	Viive
G28	Referenssipisteeseen paluu
G32	Kierteitys
G40+	Nirkonsäteen kompensoinnin poisto
G41+	Nirkonsäteen kompensointi vasemmalle
G42+	Nirkonsäteen kompensointi oikealle
G50	Nollapisteen siirto (X...Y...)
G50+	Karan pyörimisnopeuden rajoittaminen (S...)
G70	Viimeistelytyökierto
G71	Lieriöpinnan rouhintatyökierto
G72	Otsapinnan rouhintatyökierto
G73	Muotoa toistava työkierto
G74	Lastua katkaiseva poraus/sorvaustyökierto
G75	Lastua katkaiseva pistotyökierto
G76	Kierteitystyöstökierto
G90+	Lieriön sorvaustyökierto
G92+	Kierteitystyökierto
G94+	Otsapinnan sorvaustyökierto
G96+	Vakiolastuamisnopeus
G97+	Vakiopyörimisnopeus
G98+	Syöttö mm/min
G99+	Syöttö mm/r

Samassa lauseessa voi olla useita G-koodeja. "+"-merkillä varustetut G-koodit ovat pysyviä (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 191).

Taulukko 3. Tavallisimmat M-koodit (Keinänen &amp; Kärkkäinen 2009, 191).

M0	Ohjelman pysäytys
M1	Valinnainen ohjelman pysäytys
M2	Ohjelman loppu
M3	Karan käynnistys vastapäivään
M4	Karan käynnistys myötäpäivään
M5	Karan pysäytys
M8	Lastuamisneste päälle
M9	Lastuamisneste pois
M23	Viisteitys päälle
M24	Viisteitys pois
M30	Ohjelman loppu, paluu alkuun
M41- M44	Karan pyörimisnopeusalueet
M98	Aliohjelman kutsu
M99	Paluu aliohjelmasta pääohjelmaan

### 2.1.6 NC-ohjelman suunnitteluvaiheet

Maarasen (2004, 268) mukaiset NC-ohjelman suunnitteluvaiheet ovat:

#### 1. Työpiirustus

- *Raaka-aine ja aihio*
- *Koneistettavat pinnat*
- *Pintamerkit*
- *Mitoitus*
- *Mittatoleranssit*
- *Muoto- ja sijaintitoleranssit*



## *2. Työstösuunnitelma*

- Työvarat*
- Työkappaleen kiinnitys*
- Origon paikka*
- Työstöjärjestys*
- Työkalut (terät)*
- Työkalukorjaukset*
- Työstöarvot*

## *3. NC-ohjelman laatiminen*

- Ohjelman kirjoittaminen*
  - ohjelmointilomake*
  - tietokone*
  - työstökone*
- Aliohjelmien kirjoittaminen tarvittaessa*

## *4. Ohjelman testaus*

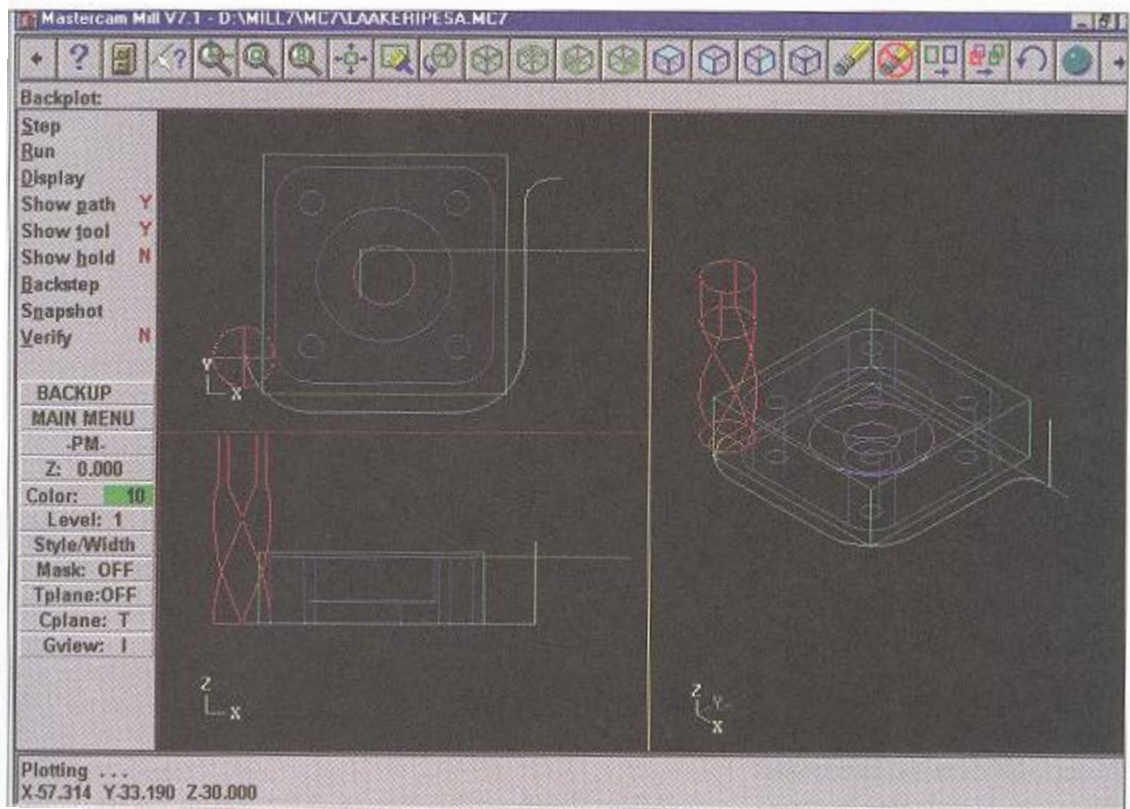
- Testaaminen kuvaruudulla*
- Testaaminen työstökoneella*

## *5. Tehdään tarvittavat muutokset*

### 2.1.7 Työstöradat

Työstöradat ovat kaiken NC-ohjelmoinnin perusta. NC-ohjelma koostuu yhdestä tai useammasta työstöradasta. Työstörata koostuu yhden työkalun liikkeistä, työkalun vaihdosta työkalun vaihtoon. Työstöradat ovat itsenäisiä kokonaisuuksia, joiden järjestystä voidaan muuttaa. Työstöratojen järjestys ilmaisee, missä järjestyksessä kappale työstetään. Työstöradat selkeyttävät ohjelmaa manuaalisessa ohjelmoinnissa, koska työkalutiedot, pyörimisnopeudet ynnä muut annetaan kaikki yhdessä kohdassa. Tietyt työkalut kykenevät vain tiettyihin työstöihin. (Pikkarainen 1999, 78.)

Ennen varsinaisen NC-ohjelman kirjoittamista on hyvä miettiä, millä työkaluilla kappaleen työstöt tehdään. Näin voidaan suunnitella etukäteen tarvittavat työstöradat. Jotkin työkalut määrittävät työstöratojen järjestyksen, esimerkiksi rouhinta on tehtävä ennen viimeistelyä ja poraus on tehtävä ennen kierteiden tekoa. Työstöratojen järjestys voidaan tehdä esimerkiksi siten, että raskaimmat työstöt (esimerkiksi jysintä) tehdään ensin, ja sitten vasta kevyemmät (esimerkiksi poraukset). Työstöratoja tehdessä täytyy olla koko ajan tarkkana ja ottaa huomioon mahdolliset työkalujen törmäykset pikaliikkeillä, työkappaleiden irtoamiset voivat aiheuttaa suuria vahinkoja ihmisille tai koneille ja laitteille. Vaarojen ehkäisemiseksi on hyvä laatia samantapaisia työstöratoja samanlaisin periaattein, ettei NC-ohjelmoija sekaannu ajatuksissaan niin usein. Tällöin virheiltä vältytään. Työstörata periaate tavallaan standardisoi yrityksen NC-ohjelmat. Nykyään myös uudet NC-ohjelmointijärjestelmät on laadittu työstörata periaatteelle. (Pikkarainen 1999, 79–80.) Kuviossa 7 on esimerkki työstöradoista.



Kuvio 7. Vasemmalla ylhäällä on 2D-kuva kappaleesta XY-tasossa, vasemmalla alhaalla XZ-tason kuva, oikealla 3D-kuva. Vihreällä viivalla on kuvattu kappaleen koko, keltaisella työstörata ja sinisellä valmistuva kappale. Punainen kuvio esittää terää. (Pikkarainen 1999, 143.)

### 2.1.8 Työkalujen asetukset ja korjaustiedot

NC-työstökoneen ohjaukselle on annettava riittävät tiedot työkaluista, esimerkiksi työkalun pituus ja halkaisija. Näitä tietoja kutsutaan työkalukorjaustiedoiksi. Terät asetetaan paikalleen NC-työstökoneeseen, jonka jälkeen terät mitataan. Tiedot syötetään työstökoneen ohjaukselle. Lisäksi mitataan ko. terällä koneistettu työkalu ja siihen tehdyt koneistukset ja tehdään mittojen perusteella tarvittavat korjaukset. (Maaranen 2004, 270.)

## **2.2 Tuotannon tehostaminen**

### **2.2.1 Lämpäisyajojen lyhentäminen**

Lämpäisyajoja voidaan lyhentää pienentämällä valmistuserien kokoja, poistamalla välivarastoja ja lyhentämällä asetusajoja. Mitä suurempia valmistuserät ovat, sitä suuremmat ovat odotusajat työvaiheiden välillä. Valmistuksen eräkoon pienentäminen edellyttää usein asetusajojen lyhentämistä. Asetusaika muodostuu työkalujen-, kiinnittimien-, ohjelmien- tai raaka-aineiden vaihdosta, sekä muista tuotantoerän aloittamiseen liittyvistä toimenpiteistä. Asetusaikoja voidaan lyhentää lyhentämällä edellä oleviin toimenpiteisiin kuluvaan aikaan ja organisoimalla asetusten teko tehokkaammin. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 406–407.) Tässä yrityksessä hitain vaihe sisäisissä asetusajoissa on ohjelmien hakeminen CNC-koneelta.

### **2.2.2 NC-koneen kunnossapito ja huolto**

NC-koneita on syytä huoltaa, koska ne ovat kalliita työvälineitä yritykselle. NC-koneen työstöyksikköä ei pidä seisottaa pitkiä aikoja samassa paikassa, vaan sillä pitäisi ajaa päivittäin liikeradan laidasta laitaan, jotta johteet saisivat voitelua. Voiteluaineina tulee käyttää korkealaatuisia tuotteita. Kun NC-kone seisoo pitkän aikaa, sen johteisiin saattaa tulla syöpymiä. NC-kone ja sen ympäristö tulee pitää puhtaana. NC-konetta ei saa puhdistaa paineilmalla, koska terävät ja pienet lastut voivat tunkeutua hydrostaattisten johteiden suojahuopien ja kaavareiden väliin ja naarmuttaa johdetta. Vanhemmissa koneissa monia toimintoja on toteutettu releillä, joissa on ajan mittaan monia epätoimintoja. Niiden kärjet kipinöivät sulkeutuksessa ja avautuessa, ja vähitellen ne voivat asettua kiinni tai auki. (Pikkarainen 1999, 147–148.) Puuntyöstössä CNC-kone voidaan puhdistaa paineilmalla, koska puuntyöstössä ei tule niin pieniä ja teräviä lastuja.

Akseleilla on suoruuden korjaamiseen liittyvät pulssiarvot. Koneen tarkkuutta pitää tarkkailla, ja tarvittaessa muuttaa näitä arvoja. Työkalujen törmäykset ovat vahingollisia, ja niitä tulee välttää. (Pikkarainen 1999, 147–148.)

Nykyisen käytännön mukaisesti jokaisella NC-koneella pitää olla huoltosuunnitelma, joka käsittää kulloinkin suoritettavan voitelun, öljyjen vaihdon, puhdistuksen ja mittaukset. NC-koneilla voi olla myös vikapäiväkirja, johon merkitään kaikki sattuneet virhetoiminnot, sekä niiden tapahtuma-aika. Näitä merkintöjä tehdessä täytyy selvittää myös edeltävät koneen ja koneistajan tekemät toimenpiteet. Näin voidaan päätellä, missä tilanteessa virhe toistui ja mahdollinen syy havaitaan helpommin. NC-koneen huoltoa varten voidaan tehdä vuosihuoltosopimus jonkun alan yrityksen tai ammattimiehen kanssa. Tämä takaa koneen häiriöttömän toiminnan ja vähentää odottamattomia korjausriskejä. Äkilliset korjaustarpeet voivat venyttää koneen seisona-aikaa, mikäli varaosia ei ole saatavilla. Tämän vuoksi huolto- ja korjaustyöt pitäisi ennakoida, ja toteuttaa silloin, kun se on parhaiten toteutettavissa tuotannon kannalta. (Pikkarainen 1999, 147–148.)

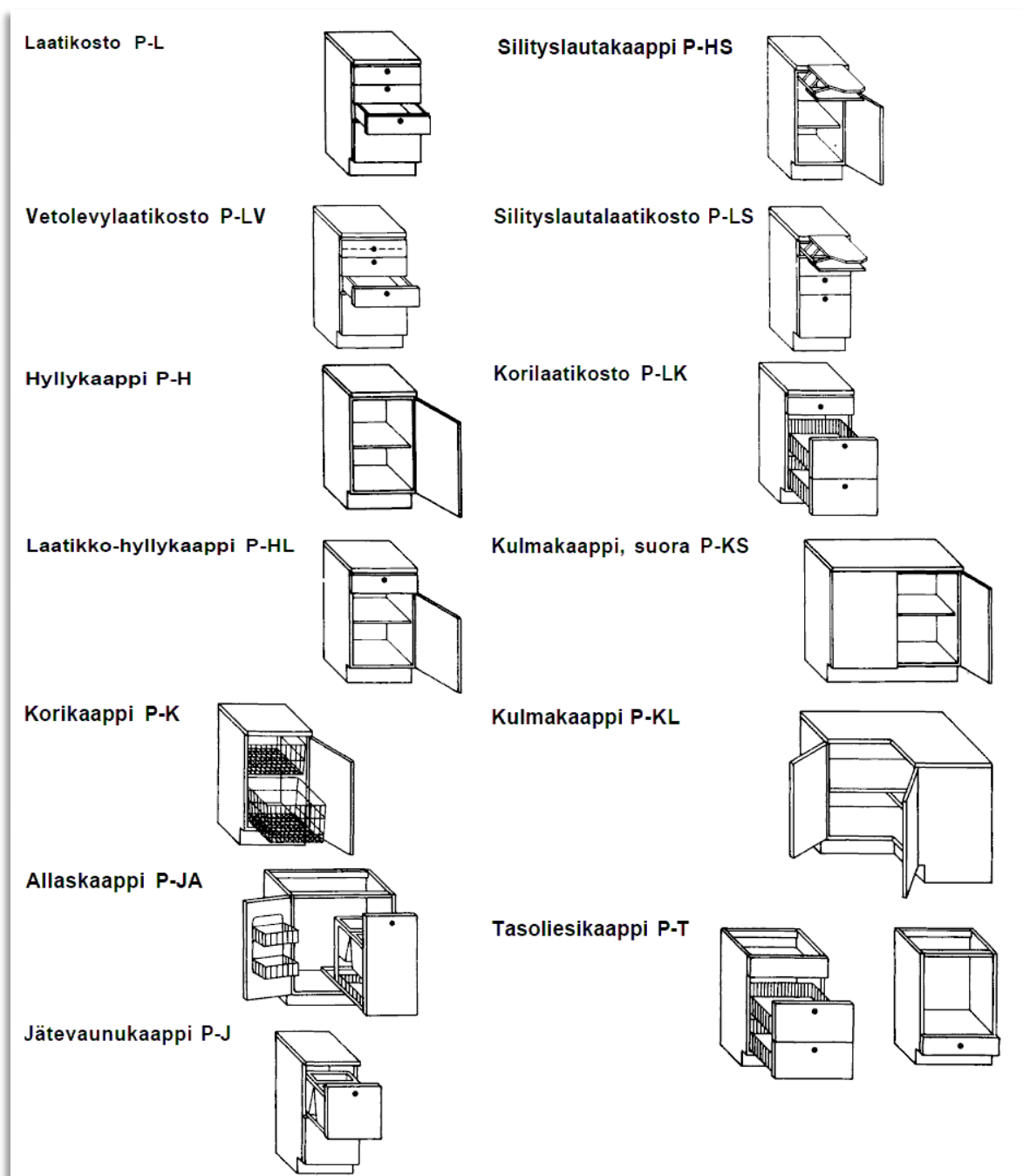
Nykyisin huoltoa kaipaavat lähinnä vanhat koneet, joiden elektroniikka alkaa vanhentua ja komponentit saavuttaa kestoikänsä. Usein häiriön sattuessa ohjauksen puolella katoaa myös perusohjelma ja sen myötä kaikki järjestelmän parametrit. Maahantuojaalla on yleensä kopiot perusohjelmista, sekä listat asetetuista parametreista. Ukkonen voi rikkoa ohjauksesta jonkin kortin tai tiedonsiirtoyhteyden. On hyvä selvittää etukäteen, mistä ja missä ajassa varaosia saadaan. Koneistuskeskuksen häiriöaltein kohta on työkalunvaihtaja. Työkalunvaihtajan toimintoja ei kannata kokeilla, vaan suorittaa työkalunvaihto aina annetun ohjelmointikäytännön mukaisesti. Toistuvan häiriön syy on selvitettävä ja merkintä kirjoitettava vikapäiväkirjaan. (Pikkarainen 1999, 147–148.)

Puualalla purunpoistosta on huolehdittava, koska sen avulla saadaan henkilökunnalle paremmat työskentelyolosuhteet ja se suojaa koneita ja laitteita. Samalla sairastumiset ja tuotantojärjestelmän kunnossapito ja siivouskulut vähentyvät. (Purunpoistolaitteet [Viitattu 5.4.2011].)

## **2.3 Keittiökaapistojen nimeäminen**

### **2.3.1 Pöytäkaapit**

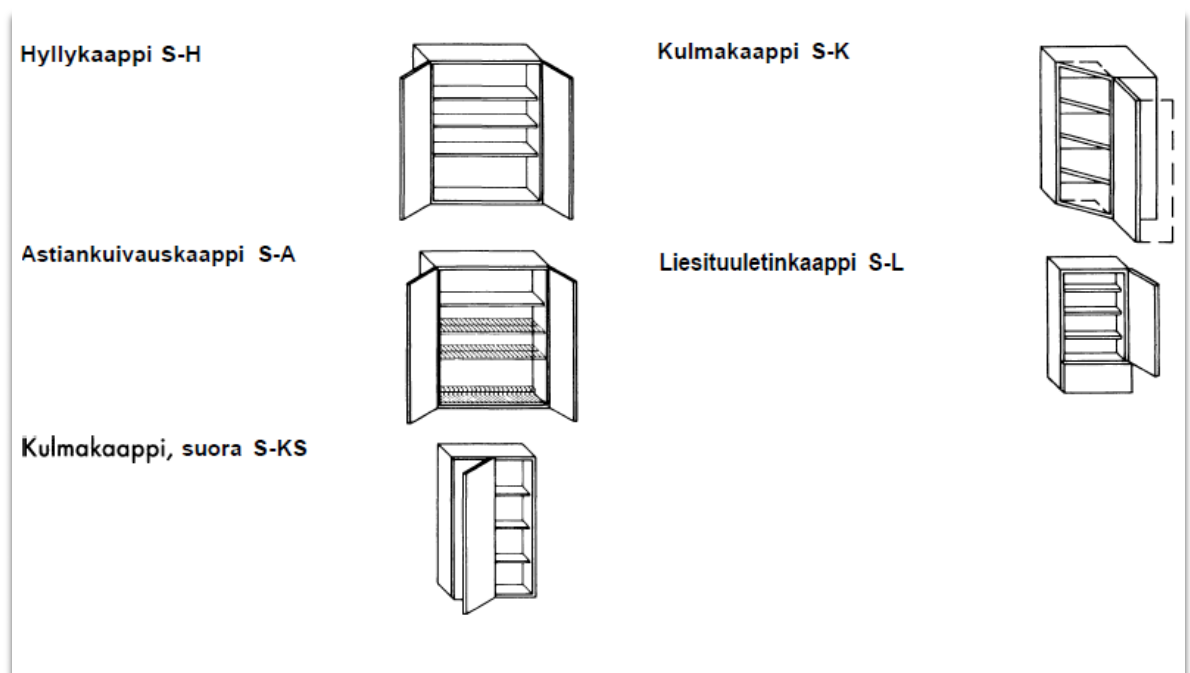
Yleisesti pöytäkaapeille käytetään lyhennettä P, joka on aina ennen muita kirjainlyhenteitä. Pöytäkaappien hyllyille käytetään lyhennettä H, laatikostoille L, koreille ja kulmakaapeille lyhennettä K, silityslaudalle lyhennettä S ja niin edelleen. Esimerkiksi silityslautakaapista käytetään lyhennettä P-LS. Tästä lyhenteestä selviää, että kyseessä on pöytäkaappi, jossa on laatikosto ja silityslauta. Kuviossa 8 on esitetty esimerkkejä erilaisista pöytäkaapeista ja niiden nimityksistä ja lyhenteistä. (RT 47-10376, 1989.)



Kuvio 8. Pöytäkaappeja, niiden nimityksiä ja lyhenteitä. (RT 47-10376, 1989.)

### 2.3.2 Seinäkaapit

Seinäkaapeille käytetään yleisesti lyhennettä S, joka on aina ennen muita kirjainlyhenteitä. Seinäkaappien lyhenteissä, kuten pöytäkaappienkin lyhenteissä, käytetään hyllylle lyhennettä H, ja kulmakaapeille lyhennettä K. Esimerkiksi kulmakaapille lyhenne on S-K. Seinäkaappien nimitykset ja lyhenteet on esitetty kuviossa 9. (RT 47-10376.)

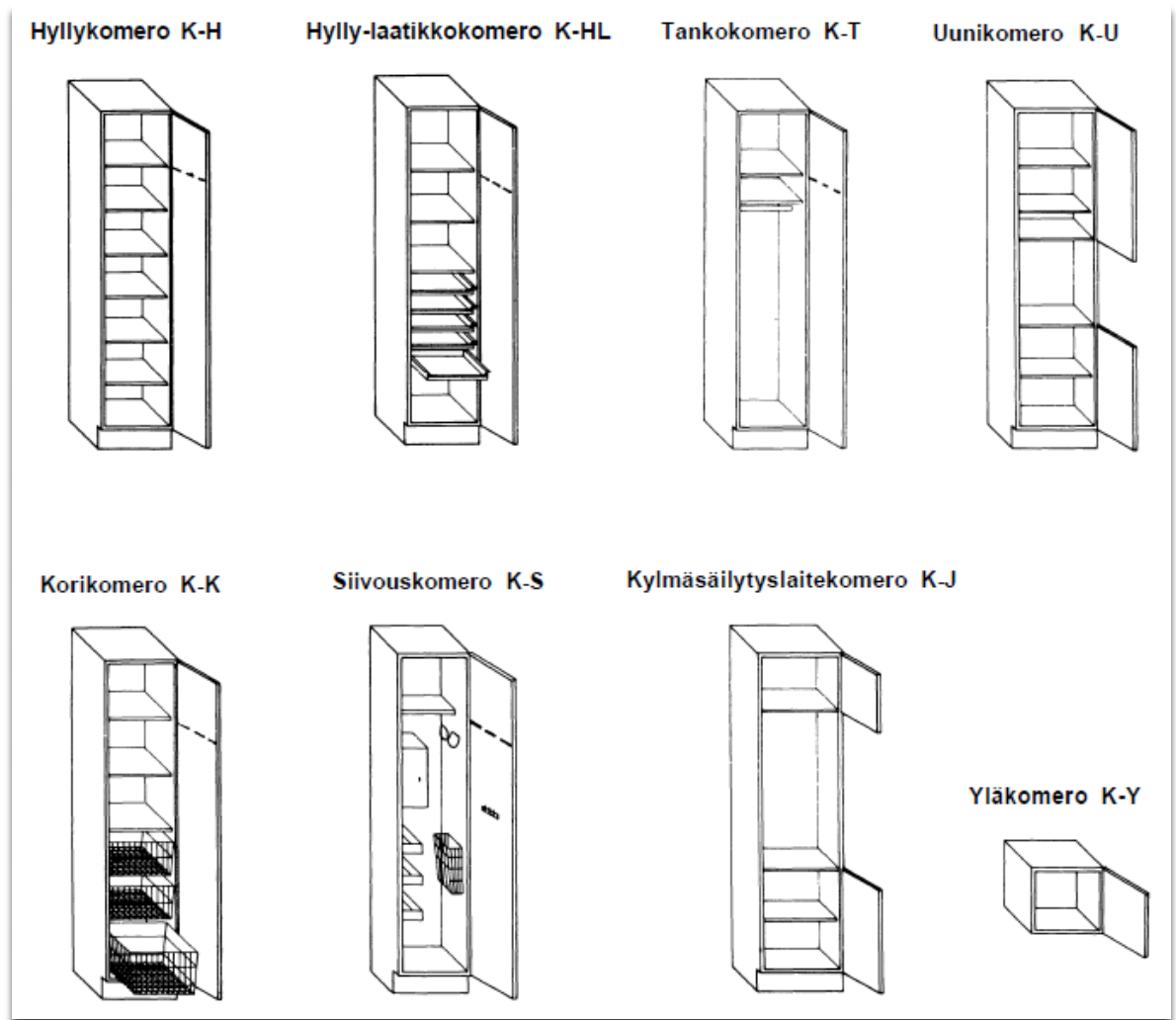


Kuvio 8. Seinäkaappien nimitykset ja lyhenteet. (RT 47-10376.)



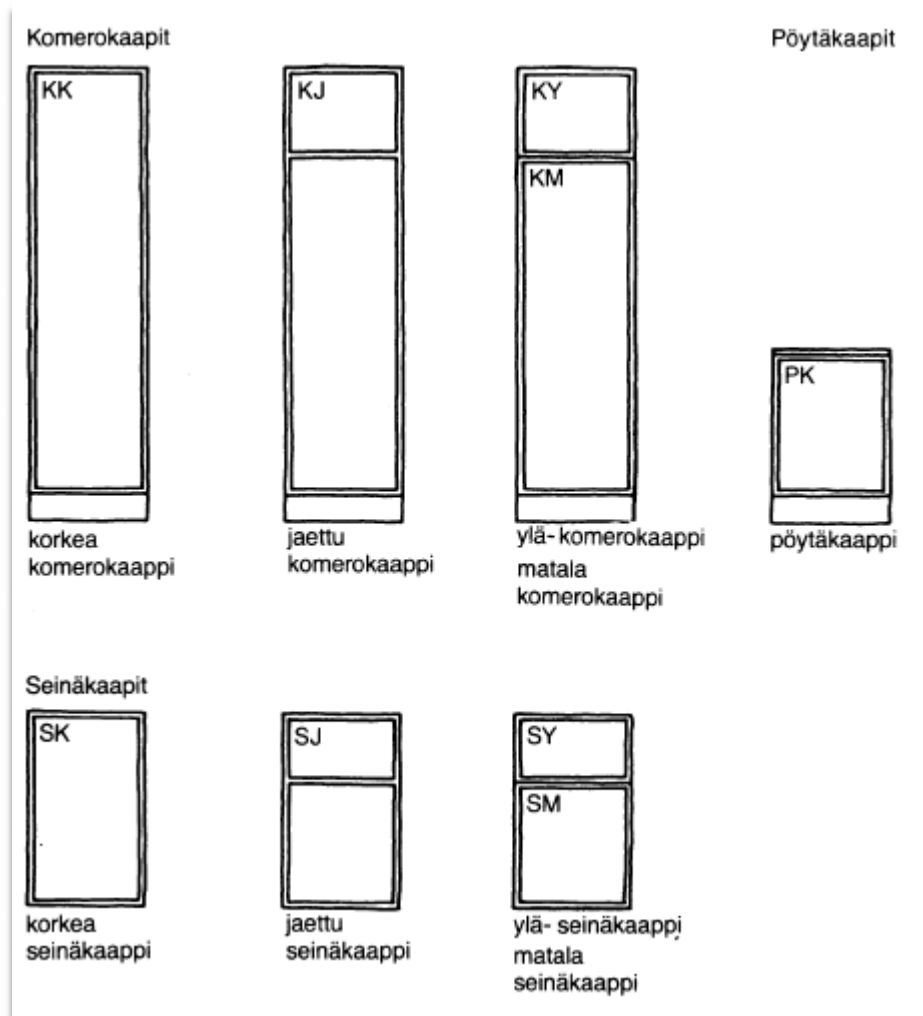
### 2.3.3 Komerot

Komeroille käytetään lyhennettä K, joka tulee ennen muita lyhenteitä. Hyllyille käytetään lyhennettä H, laatikoille lyhennettä L, ja niin edelleen. Esimerkiksi hylly-laatikkokomeroille käytetään lyhennettä K-HL. Komeroiden nimitykset ja lyhenteet on esitetty kuviossa 10. (RT 47-10376.)



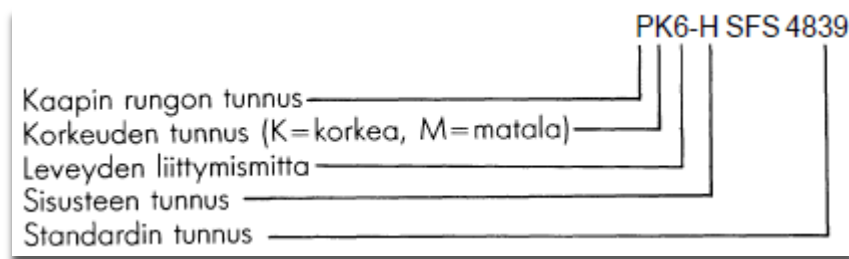
Kuvio 9. Komeroiden nimitykset ja niiden lyhenteet. (RT 47-10376.)

Kaapistoja on nimetty myös korkeutensa mukaan eri tavoin. Esimerkiksi KK on korkea komerokaappi ja KM on matala komerokaappi. Jaettu kaappi on lyhennetty J:llä, ja yläkaappi on lyhennetty Y:llä. Nämä nimitystavat on esitetty kuviossa 11. (RT 47-10310.)



Kuvio 10. Korkeutensa ynnä muiden mukaan nimettyjä komeroita, pöytäkaappeja ja seinäkaappeja. (RT 47-10310.)

Näiden mallien mukaan kaappi voidaan nimetä esimerkiksi kuvion 12 tapaan seuraavasti: kaapin rungon tunnus, korkeuden tunnus, leveyden liittymismitta, sisusteen tunnus ja standardin tunnus. (RT 47-10376.)



Kuvio 12. Esimerkki kaapin nimeämiseen. (RT 47-10376.)

## 2.4 Työssä käytetty CNC-kone ja CAD/CAM-järjestelmä

### 2.4.1 Morbidelli Author 503

Morbidelli Author 503 CNC-koneistuskeskus on valmistettu vuonna 1993. Kuvassa 1 on kuva Morbidellista.

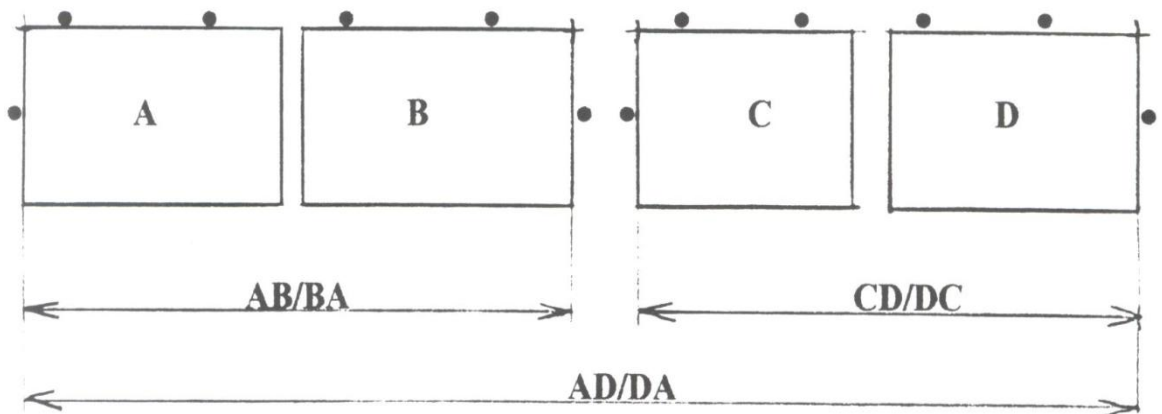


Kuva 1. Morbidelli Author 503. (Kivimäki 2011.)

Morbidellin toiminnalliset ominaisuudet (Höchsmann, [Viitattu 23.3.2011]):

- moottorin teho 7,5 kW
- maksimisyöttönopeus 75 m/min
- maksimi pyörimisnopeus 18 000 rpm
- koneessa on yksi jyrsin, yksi kiinteä X-akselin suuntainen sirkkeli, 18 Z-akselin suuntaista-, neljä X-akselin suuntaista- ja kaksi Y-akselin suuntaista poraa
- ISO30-työkalun lukitusjärjestelmä
- työalue on 2890 x 1050 x 80 (X, Y, Z)
- koneen tarvitsema tila 4400 x 2865 x 2350 (X, Y, Z)
- paino 3400 kg
- työstettävien kappaleiden kiinnitys kiskoissa olevilla imukupeilla, joita on kaksi yhdessä kiskossa. Kiskoja on kahdeksan.

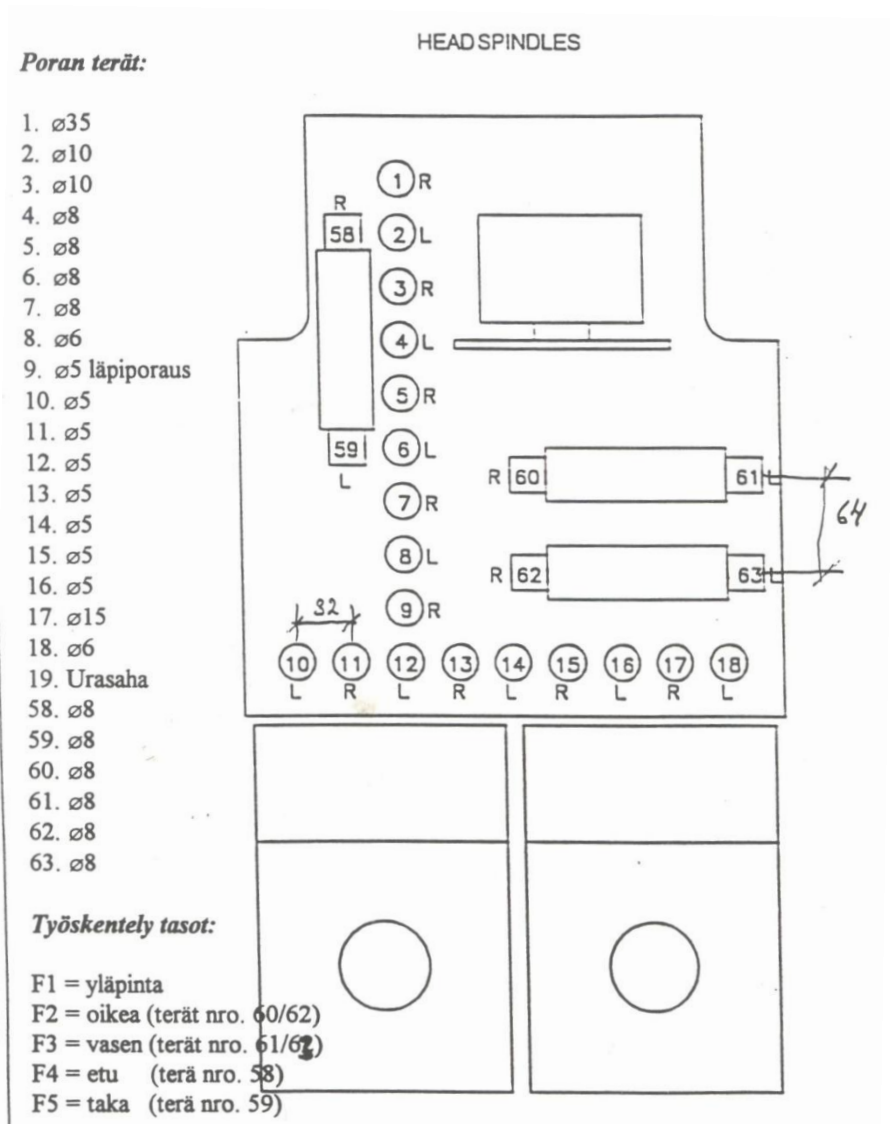
Kuviossa 13 on esitetty Morbidellin työalueet. Työalueita ovat A, B, C, D, AB, BA, CD, DC, AD, DA. Nollapiste eli origo on aina ylhäällä, mutta se siirtyy työaluetta vaihdettaessa. (Morbidelli -käyttöohjekirja 1993.)



Kuvio 13. Morbidellin työalueet. (Morbidelli -käyttöohjekirja 1993.)

Peilikuvaa työstettäessä CNC-koneelta voidaan muuttaa NC-koodia siten, että työalue AB muutetaan esimerkiksi BA:ksi, jolloin kappaleen työalue muuttuu peilikuvaksi ja myös työstöt tulevat peilikuvana (Morbidelli -käyttöohjekirja 1993).

Kuviossa 14 on esitetty Morbidellin työkalujen numerointi numeerisessa ohjauksessa. Morbidellin porausyksikössä on 18 vertikaalista poraa, 4 horisontaalista X-akselin suuntaista- ja kaksi horisontaalista Y-akselin suuntaista poraa. Teräpaikan 4 oikealta puolelta löytyy urasaha/sirkkeli, joka on numeerisessa ohjauksessa teräpaikalla 19. Vasemmalla alhaalla oleva pallo kuvaa jyrsinyksikköä, joka on numeerisessa ohjauksessa teräpaikalla 111. Vertikaaliset porat ovat teräpaikoilla 1–18. Teräpaikan 9 pora on tarkoitettu läpiporaukseen. Horisontaaliset porat ovat teräpaikoilla 58–63. (Morbidelli -käyttöohjekirja 1993.) Kuvissa 2 ja 3 on esitetty kuvat Morbidellin jyrsin- ja porausyksiköistä. Kuvassa 4 on esitetty Morbidellin ohjaustaulu.



Kuvio 14. Morbidelli:n työkalujen numerointi numeerisessa ohjauksessa. (Morbidelli -käyttöohjekirja 1993.)



Kuva 2. Morbidellin jyrnsyksikkö. Takana näkyy porausyksikkö. (Kivimäki 2011.)



Kuva 3. Morbidellin porausyksikkö. X-akselin suuntaiset porat jäävät "karvojen" taakse. (Höchsmann, [Viitattu 23.3.2011].)



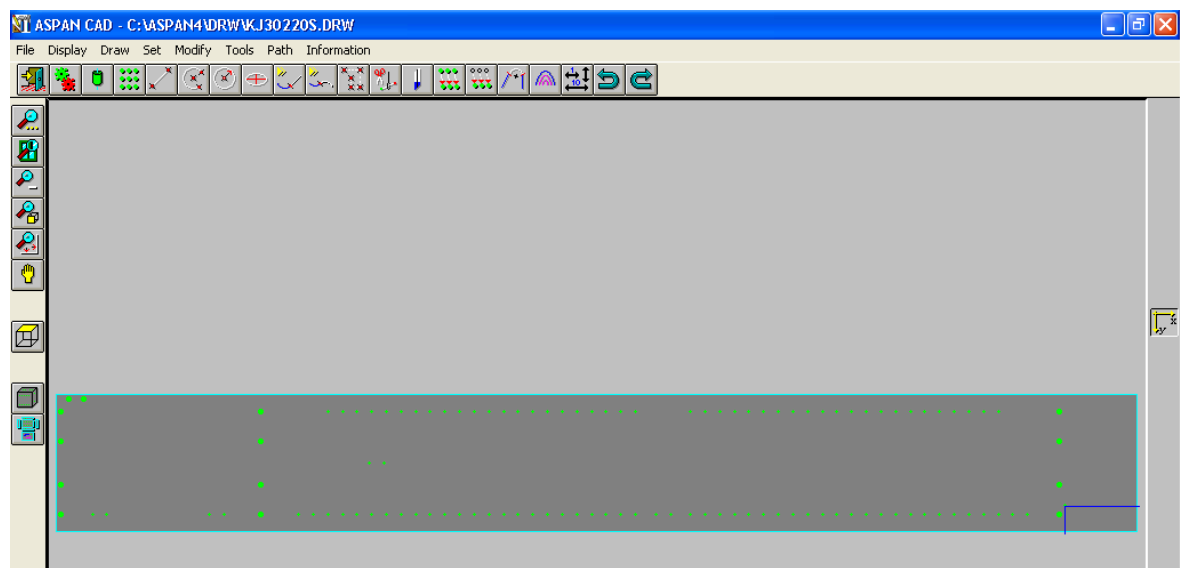


Kuva 4. Morbidellin ohjaustaulu. (Kivimäki 2011.)

#### 2.4.2 Aspan 5.0

Aspan 5.0 on CAD/CAM-järjestelmä. CAD:lla piirretään 2D-kuvat kappaleesta työstöineen, jonka jälkeen siirrytään CAM:iin, jossa määritetään kussakin työstössä käytettävät terät ja työstöradat. Kuviossa 10 on esitetty CAD:n päävalikko. Vasemmalla olevista painikkeista saa vietyä kuvaa lähemmäs ja kauemmas ja tarkennettua kuvan tiettyyn paikkaan. Ylhäällä on CAD:lle tyypillisiä komentoja esim "Line" tai "Draw holes". Yksityiskohtaisempaa tietoa ohjelmasta löytyy tulokista ja tulosten tarkastelusta.





Kuvio 15. Aspan 5.0 -ohjelman CAD:in päävalikko, jossa on esimerkki piirretystä kappaleesta.

### **3 KOKEELLINEN OSA**

#### **3.1 Nykytila-analyysi**

Aluksi haastatellaan yritysedustajaa ja selvitetään tarkemmin, mitä asioita tuotteissa tai CNC-koneessa halutaan kehitettävän. Sen jälkeen selvitetään käytettävät raaka-aineet, mitoitukset, työvarat, työkappaleen kiinnitystapa, origon paikka, tarvittavat työkalut, terät, työstöarvot ja työstöjärjestys, ellei niitä määritetä itse. Tarvittavia työkaluja ja teriä määritettäessä on otettava huomioon esimerkiksi erilaiset poraukset. Porauksista täytyy tehdä mahdollisimman tehokkaat, ettei tulisi ylimääräisiä porauskertoja. Myös CNC-koneen ominaisuuksiin on perehdyttävä kunnolla, jotta sisäistetään koneen käyttömahdollisuudet. Haastatteluiden pohjalta ohjelmista pyritään saamaan mahdollisimman käytännölliset ja tarpeita vastaavat. Lopuksi suunnitellaan työstöjärjestys.

#### **3.2 Testiohjelman teko**

Kun kaikki tarvittavat tiedot on saatu ja suunnitelmat tehty, laaditaan testiohjelma, jossa on kaikki käytettävät työstöt, kuten poraukset, jyrsinnät ynnä muut. Testiohjelman tarkoituksena on testata, että ohjelmat toimivat niin kuin on suunniteltu. Mikäli testiohjelma ei toimi kuten pitäisi, suunnitelmaa ja testiohjelmaa muutetaan niin, että kaikki toimii. Työstettävä kappale ja reikien syvyydet on myös mitattava, minkä jälkeen tehdään tarvittavat työkalukorjaukset.

Samalla testataan erilaisia työstötapoja ja työstöratioja, kuten sokkelin työstö. Ennen testiohjelman työstämistä CNC-koneen terät ja teräjärjestys on vaihdettava suunnitelman mukaiseksi.

### **3.3 Ohjelmien nimeäminen**

Ohjelmat nimetään siten, että niistä selviää kaapin tyyppi, syvyys, korkeus, ynnä muut. tarvittavat käytännön tiedot. Ohjelman nimessä olevista lyhenteistä pitää tietää myös, mitä työstöjä kaappiin tulee.

### **3.4 Ohjelmien teko**

Kun testiohjelma on saatu toimimaan, alkaa varsinaisten ohjelmien teko. Ohjelmat tehtiin Aspan 5.0 CAD/CAM -ohjelmalla, koska uudemmissa ohjelmilla (AutoCAD, Inventor, AlphaCam) tehtyjä tiedostoja ei saatu toimimaan Aspanissa. Aspan 5.0 vaati toimiakseen Windows 95-, Windows 98- tai Windows NT -käyttöjärjestelmän. Sen saa toimimaan myös Windows XP:ssä, mutta Windows Vistassa se ei toimi.

### **3.5 Vertailu**

Lopuksi vertaillaan kahden yleisimmän tuotteen työstöaikaa vanhan ja uuden ohjelman välillä.

## 4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1 Nykytila-analyysi

Työssä haastateltiin Nordic Kaluste Ky:n Mikael Saarelaa (2011). Hänellä oli valmiina jo muutama kehitysehdotus.

Seinäkaappeja haluttiin muuttaa syvemmiksi, jotta esimerkiksi pizzalautaset mahduvat kaappeihin paremmin. Myös sokkelin jyrkässä syntyvä kulma haluttiin saada pienemmäksi, jotta sokkelin listan/jalustan asennus helpottuisi. Hyllynkantimien reikien paikkaa haluttiin siirtää samaan tasoon saranoiden kanssa. Ajatuksena oli, ettei saranoiden reikiä tarvitsisi porata erikseen.

Raaka-aineena yritys käyttää pääasiassa pinnoitettua lastulevyä. Yritykseltä kerättiin tiedot myös kaapistojen mitoituksista, CNC-koneen origon paikasta, ynnä muista käytännön asioista. Työstöarvot ja terien halkaisijat saatiin valmiina, koska ne oli todettu hyviksi.

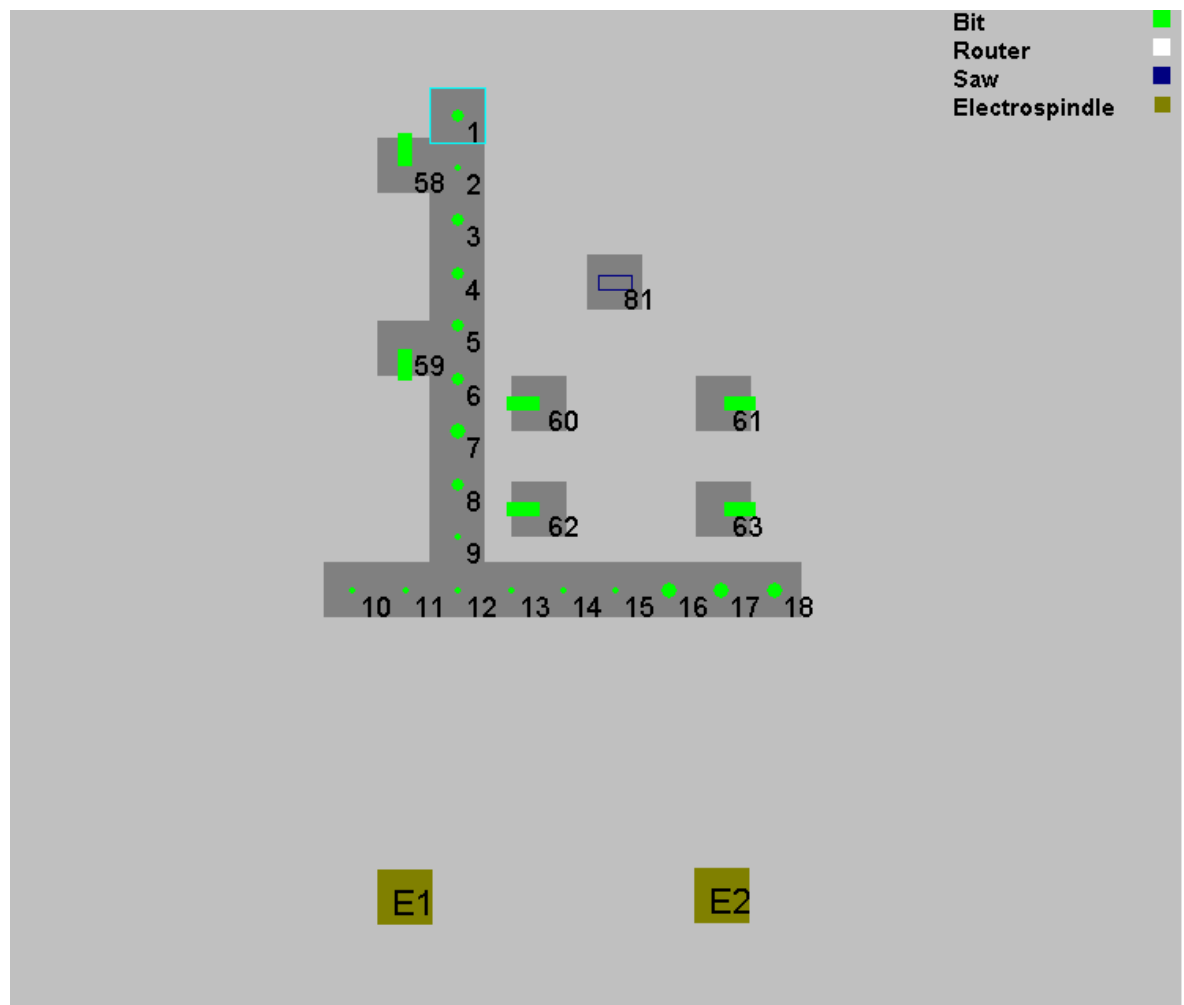
#### 4.1.1 Tarvittavat työstöt

Poraukset tehtiin poratappeja, hyllynkantimia ja laatikostoja varten. Läpiporaukseen tarvittiin siihen tarkoitettu terä ja teräpaikka. Sokkelin lovi tehtiin jyrkimellä. Nämä työstöt esitellään tarkemmin myöhemmin. Jyrsintään käytettiin pyörimisnopeutta 15 000 rpm (rounds per minute) ja porauksiin 2 800 rpm.

#### 4.1.2 Teräjärjestys

Teräjärjestyksen määrittäminen aloitettiin siitä, että yleisimmät poraukset tehdään 8 mm:n ja 5 mm:n terillä. 8 mm:n reiät ovat poratappeja varten, ja 5 mm:n reiät

ovat hyllynkannattimia varten. Eli pääsääntöisesti teräpaikoille 1–9 (pystyrivi) piti laittaa 8 mm:n terät ja 10–18 (vaakarivi) teräpaikoille 5 mm:n terät. Teräjärjestys ja numerointi on esitetty kuviossa 16. Pystyrivillä on porapaikat 1–9. Vaakarivillä on porapaikat 10–18. Horisontaalisiin porauksiin tarkoitettuja poria 58–63 ei käytetä. Paikka E1 tarkoittaa jyrsintä, E2 paikkaa ei CNC-koneessa ole käytössä. Paikka 81 tarkoittaa urasahaa/sirkkeliä.

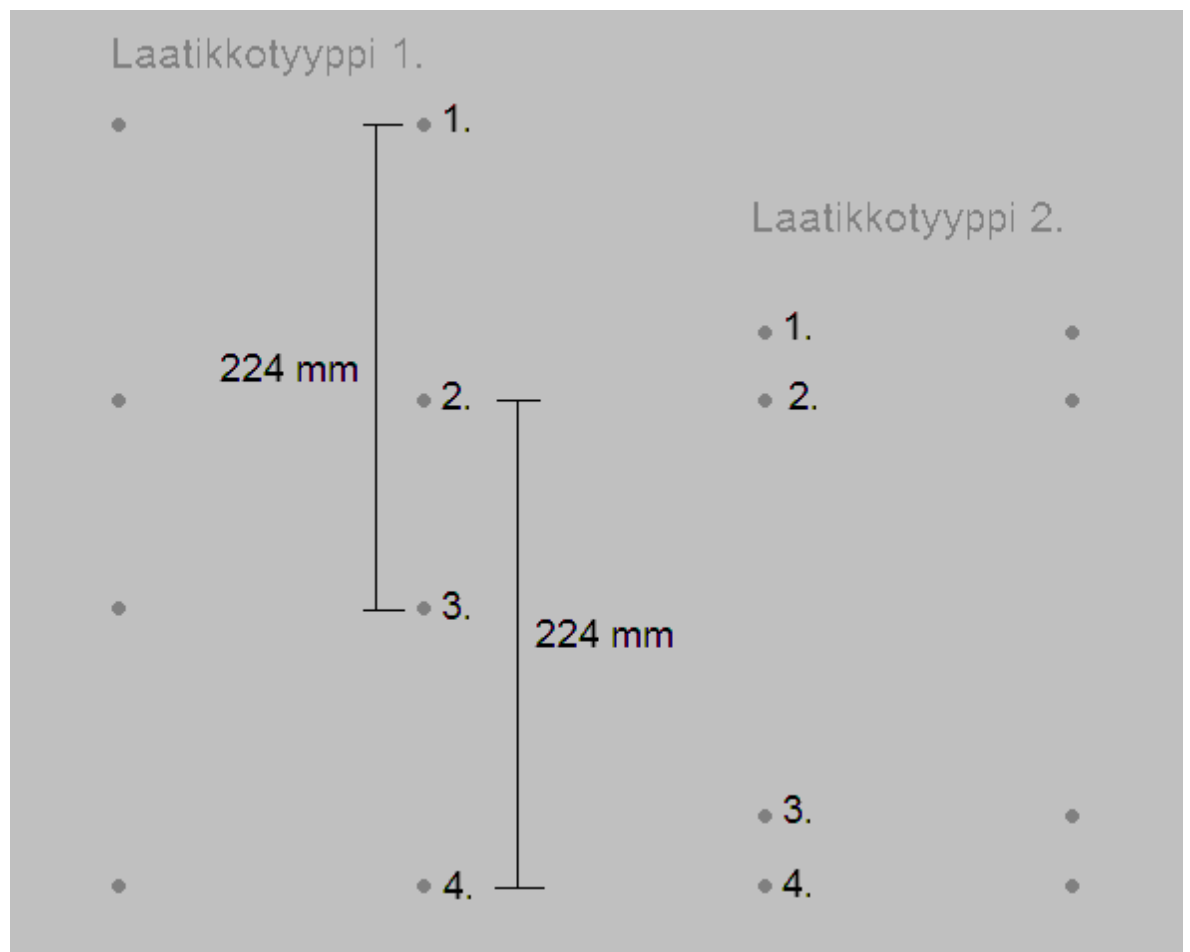


Kuvio 116. Morbidellin porausyksikkö ja lopullinen teräjärjestys. Pienet pallot ovat 5 mm:n poria, keskikokoiset 8 mm poria ja suurimmat 10 mm poria, jotka ovat ylimääräisiä tai epäkunnossa.

Hyllynkannattimien porauksia testatessa selvisi, että porat 16–18 eivät jostain syystä toimi. Joskus CNC-kone pysähtyi kesken työstön, joskus se toimi, mutta peilikuvaa työstettäessä se ei toiminut kertaakaan. Syy oli todennäköisesti koneen parametritiedoissa. Tästä seurasi se, että hyllynkannattimet piti porata vain kuu-

della terällä, mikä hidasti porauksia huomattavasti. Yllä olevassa kuviossa 16 on esitetty lopullinen teräjärjestys.

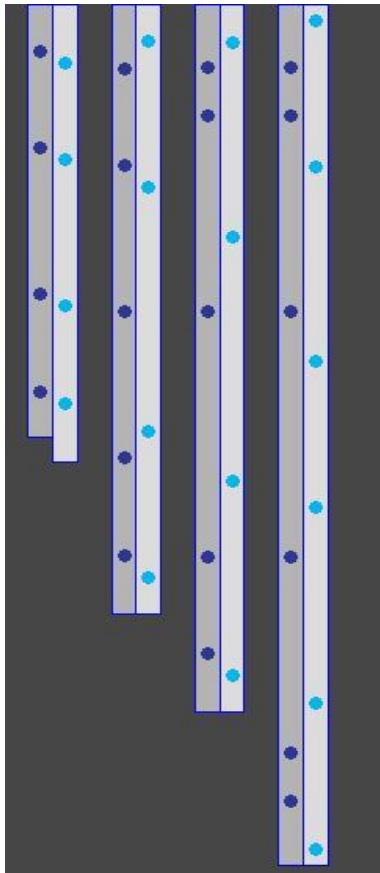
Jotta laatikoiden reikien poraukset olisivat tehokkaampia, tarvittiin pystyriville myös 5 mm:n terät. Laatikon reikien poraamiseen tehdään neljä reikää, ja niiden poraukseen menisi joka tapauksessa kaksi porauskertaa. Laatikkotyyppinä on kaksi. Ensimmäisen ja kolmannen reiän väli on 224 mm, toisen ja neljännen reiän väli on myös 224 mm, joten 5 mm:n terät pystyrivillä tulee olla 224 mm:n etäisyydellä toisistaan. Vaihtoehtoina oli siis laittaa 5 mm:n poranterät joko paikoille 2 ja 9, tai 3 ja 12. Teräpaikan 9 pora on tarkoitettu läpiporauksiin, joten sinne piti laittaa 5 mm:n poranterä (joka on tarkoitettu läpiporauksiin) sokkelin kulman porausta varten. Testauksissa selvisi, että terä 12 ei toimi pystyrivin kanssa samanaikaisesti, joten 5 mm:n poranterät laitettiin paikoille 2 ja 9. Kuviossa 17 on vertailtu kahden laatikkotyypin porauksien yhteneväisyyksiä. Siitä nähdään, että molemmissa laatikoissa reikien 1–3 ja 2–4 välit ovat 224 mm. Laatikkotyypin 2 porauksissa 1–2 ja 3–4 välit ovat 32 mm.



Kuvio 12. Kahden laatikkotyyppin poraukset ja niiden mitat. Laatikon etusarja tulee kuvion alaosaan.

### 4.1.3 Poratappien paikat

Poratappien paikkojen määrittäminen voitiin aloittaa, kun teräjärjestys oli määritetty. Poratappien paikkojen määrittämistä vaikeutti se, että pystyivin teräpaikkoja 2, 7 ja 9 ei voitu enää käyttää, koska ne olivat varattuina. Tämän lisäksi porauskertoja täytyi saada mahdollisimman vähän. Teräpaikkojen 1 ja 8 välillä on 224 mm, joten ainoastaan 300 mm syvät kaapit oli mahdollista tehdä yhdellä porauksella, muihin tarvittiin kaksi. Porapaikoista haluttiin tehdä symmetriset keskikohtaan nähden, ettei kiinteitä hyllyjä kiinnitettäessä ole merkitystä, miten päin hylly asennetaan. Kuviossa 18 on vertailtu vanhoja ja uusia poratappien paikkoja. Vanhoista poratappien paikoista tämä on vain esimerkki, koska niitä oli monenlaisia. Vasemmanpuoleiset, tumman siniset pallot ilmaisevat vanhojen poratappien paikat, ja oikealla puolella turkoosit pallot uusien poratappien paikat.



Kuvio 13. Vanhojen ja uusien poratappien paikkojen vertailu.



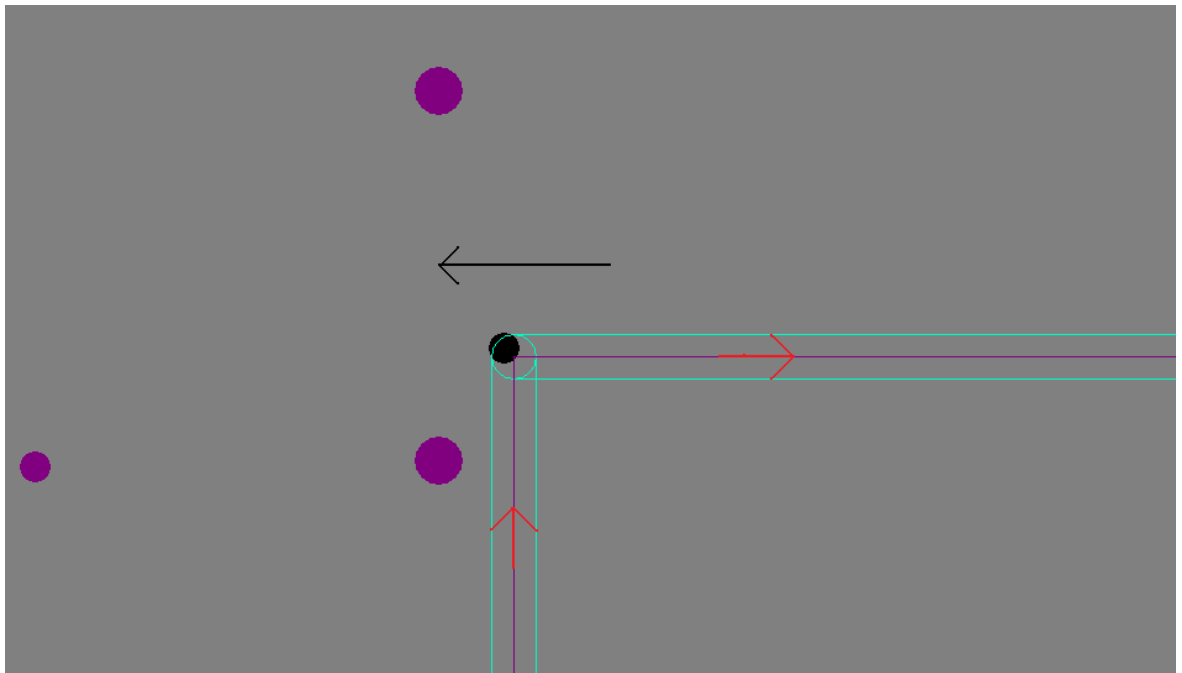
#### 4.1.4 Saranoiden paikat

Hyllynkannattimien reiät on porattu aikaisemmin n. 70 mm etäisyydelle etureunasta, joka muutettiin nyt samaan kohtaan kuin saranan paikka, eli 37 mm etureunasta. Tarkoituksena oli, ettei saranoiden reikiä tarvitse porata erikseen. Saranoiden etäisyydet oven ylä- ja alareunasta olivat aikaisemmin 100 mm oven reunasta, mikä muutettiin 95 mm:iin, koska silloin saranoiden paikat menivät tasan hyllynkannattimien kanssa ovimitassa 703, eli osaan yläkaapeista ja alakaapeista. Myös ovimitassa 350 saranat oltaisi saatu porattua yhdellä porauksella, mikäli kaikki yhdeksän X-akselin suuntaista poraa olisivat toimineet. Muihin kaappeihin saranan reiät piti porata erikseen, koska ne eivät sopineet tarpeeksi hyvin 32 mm:n jaolle.

#### 4.1.5 Sokkelin työstö

SeAMK:n Puulaboratorion projektipäällikön, Martti Ala-Loukon haastattelussa 9.12.2010 syntyi ajatus, että sokkelin voisi tehdä myös CNC-koneessa olevalla urasahalla/sirkkelillä, mutta koska se ei ollut kääntyvä, sitä ei kannattanut käyttää.

Sokkelin jysintään käytettiin 8 mm:n terää, mutta silloin sokkelin kulmasta tuli liian pyöreä, joten sokkelin kulmaan päätettiin porata läpi 5 mm:n reikä ennen jysintää. Kuviossa 19 on tarkennettu kuva sokkelin kulmasta. 5 mm:n reikää on siirretty kuvassa olevan mustan nuolen suuntaan 0,3 mm, jotta suorakulmainen sokkelin lista sopisi siihen paremmin. Sokkeli työstettiin kuvan punaisten nuolien suuntaan.



Kuvio 19. Tarkennettu kuva sokkelin jyrsinästä (punaiset nuolet) ja 5 mm:n läpiporauksesta (musta pallo).

Työstösuunta oli aluksi toiseen suuntaan eli siten, että pidempi osuus jyrsiittiin ensin, sitten vasta lyhyempi osuus, mutta peilikuvaa työstäessä se repi yläosan sokkelin etukulmasta. Vaikka tilanne ei ole nyt mitenkään erilainen, eli työstön ulostulo kohta peilikuvaan nähden on symmetrinen aikaisemman työstötavan kanssa, jossa sokkelin etukulma repeytyi, jostain syystä se ei revi jälkimmäisessä työstötavassa. Luultavasti työstön loppupäähän ei tule niin kovaa painetta nyt kuin aikaisemmalla työstötavalla. Yhtenä vaihtoehtona olisi ollut jyrsiä reunasta keskelle päin, joka olisi varmastikin toiminut, mutta se on hitaampi. Kuvassa 5 on kuva sokkelin työstöstä. Sokkelin kulmassa näkyy 5 mm:n porauksesta jäänyt lovi.



Kuva 5. Sokkelin kulmassa näkyy 5 mm:n läpiporaus.

#### 4.2 Testiohjelman teko ja testaus

Testiohjelmaan laitettiin kaikki tarvittavat työstöt. Tässä vaiheessa oli epävarmaa hyllynkannattimien reikien poraamisen toimivuus, sokkelin työstö ja laatikkojen reikien poraukset, joten niitä oli syytä testata. Kuviossa 20 on 2D-kuva testiohjelmasta. Kuviossa vasemmalla on poratappien poraukset, keskellä hyllynkannattimien poraukset ja alhaalla reunoissa samalla rivillä on saranoiden poraukset. Oikealla ylhäällä ja alhaalla on laatikkotyypin 2 poraukset. Oikealla keskellä on jyr-sinnän testaus, jossa toiseen kulmaan on porattu 5 mm:n reikä.



Kuvio 20. Kuva testiohjelmasta, jossa on kaikki tarvittavat työstöt tai niiden testaukset.

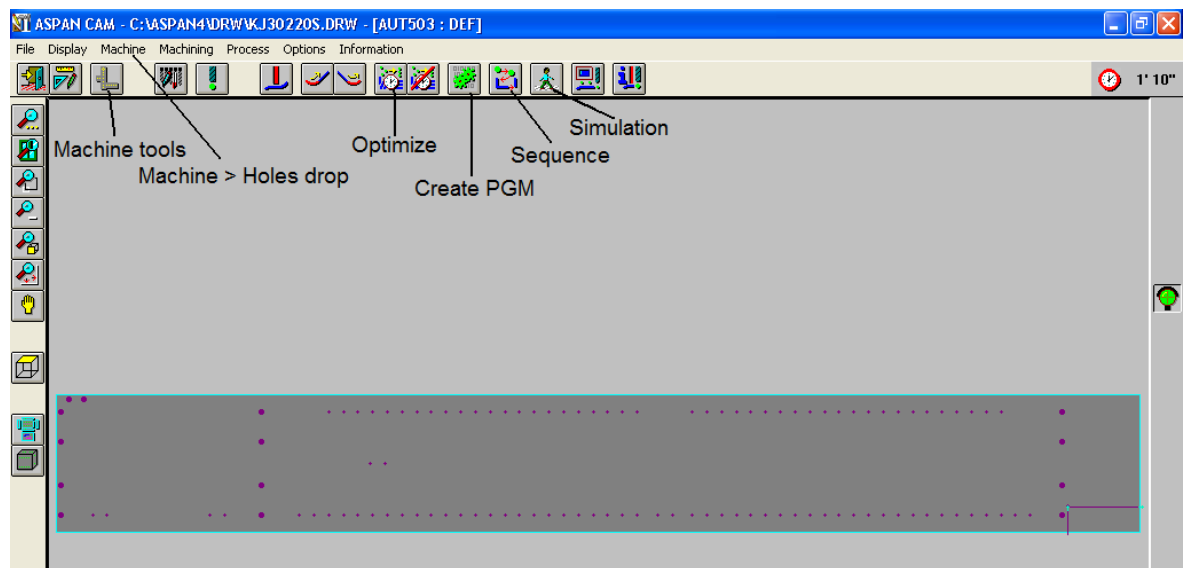
Testauksissa selvisi, että hyllynkannattimien porauksessa toimii vain porat 10-15, ja porat 16–18 olivat epäkunnossa. Syy ei selvinnyt, mutta todennäköisesti syy on CNC-koneen parametritiedoissa, joita ei lähdetty muuttamaan. Tästä seurasi se, että hyllynkannattimien reiät piti porata yhdeksän poran sijaan kuudella poralla, mikä pidensi työstöaikaa. Testauksissa selvisi myös, että terät 1-9 eivät toimineet samaan aikaan terän 12 kanssa, joten laatikkojen reikiä poratessa ei voitu käyttää poria 3 ja 12, vaan käytettiin poria 2 ja 9. Sokkelin jysynnässä terä repi hieman jysynnän ulostulokohtaa, joten jysyntää testattiin vielä toisella ohjelmalla, jolloin vikaa ei enää ollut. Jälkimmäinen testaus tehtiin pinnoittamattomasta lastulevystä. Kun myöhemmin jysyttiin pinnoitettua lastulevyä, niin ulostulokohta repeytyi taas, jonka jälkeen vaihdettiin työstösuuntaa, jolloin vika korjaantui.

### 4.3 NC-ohjelmien teko

Kun testiohjelma saatiin toimimaan, voitiin aloittaa NC-ohjelmien teko. Tässä luvussa kerrotaan, miten ja millä toiminnoilla ohjelmat on tehty. Aluksi oli ongelmia Aspanin käytössä, koska se vaati vanhan tietokoneen, jossa on vanha käyttöjärjestelmä. Windows Vistassa (64 bit) se ei toiminut. Jotta ohjelmat saatiin CNC-koneelle, ne piti siirtää ensin disketille. Aspan ei myöskään jostain syystä avannut

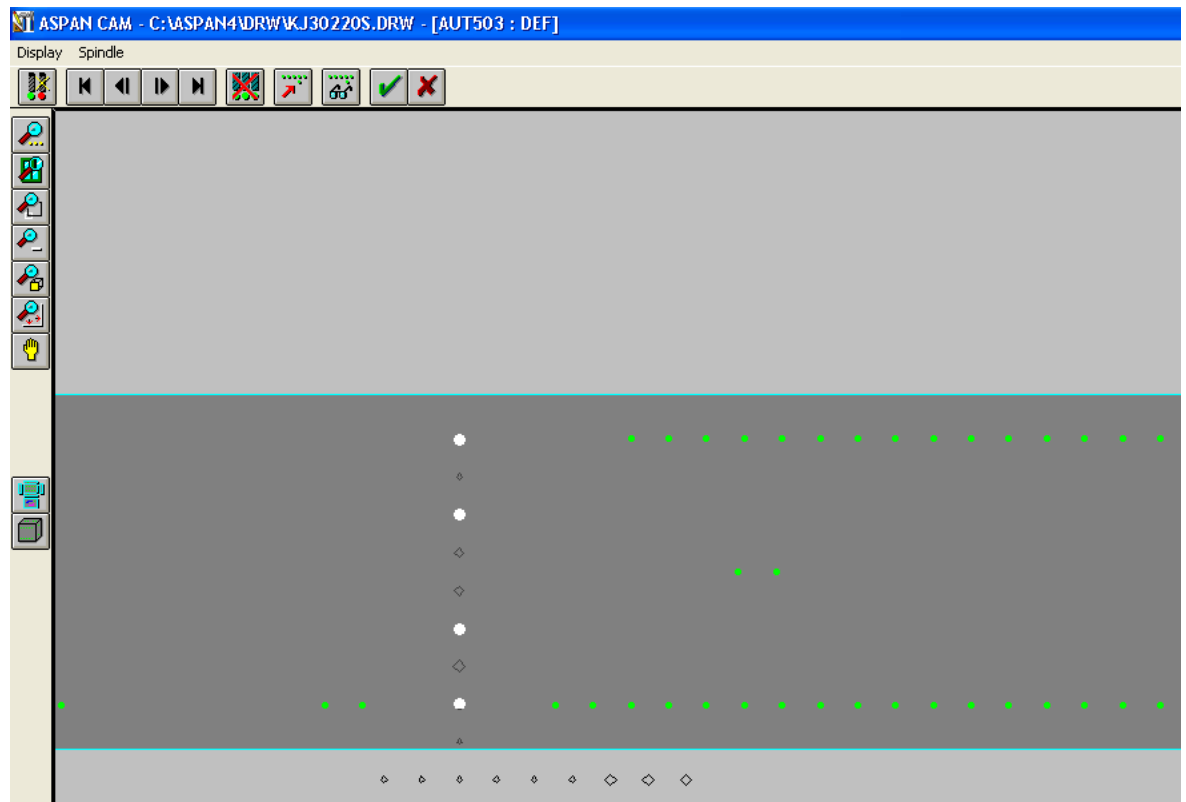
vanhoja työstöohjelmia eli PGM-tiedostoja, joten työstöradat ynnä muut piti tehdä usein uusiksi, jos ohjelmaa piti muuttaa.

Kuviossa 21 on esitetty CAM:in päävalikko ja tärkeimmät toiminnot. "Machine tools"-toiminnolla nähdään työkalut/terätiedot ja niitä voidaan myös muokata. "Holes drop"-toiminnolla määritetään, mitä työkalua kussakin työstössä käytetään, esimerkiksi samanaikaisiin porauksiin käytettävät porat. Jos halutaan, että ohjelma suorittaa automaattisesti työstöjärjestykset ynnä muut, voidaan käyttää "Optimize"-toimintoa, mutta tällä komennolla ei saada juuri koskaan nopeinta mahdollista työstöaikaa. "Sequence"-toiminnolla määritetään työstöjärjestys. Kun työstöt ovat oikeassa järjestyksessä, työstöohjelma voidaan simuloida "Simulation"-toiminnolla. Oikealla ylhäällä nähdään ohjelman ilmoittama työstöaika simuloinnin jälkeen. Lopuksi NC-ohjelma tallennetaan "Create PGM"-kohdasta.



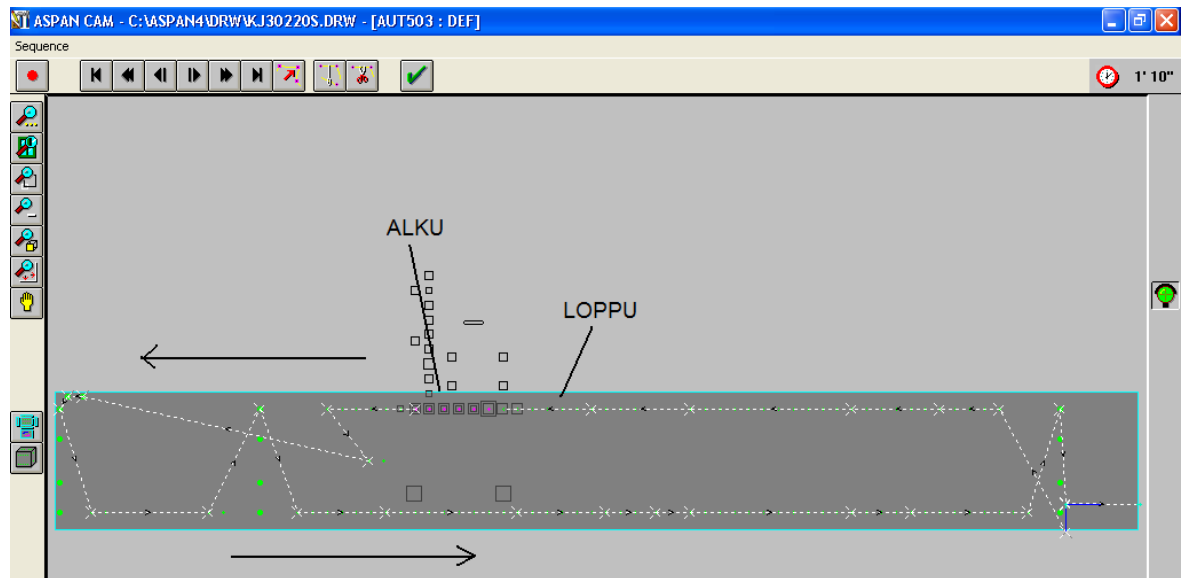
Kuvio 21. CAM:n päävalikko ja yleisimmät toiminnot. Kuvan alaosassa on komeron 2D-kuva. Kuvan oikeassa yläkulmassa näkyy Aspan:in ilmoittama työstöaika.

CAM:ssä "Holes drop"-toiminnolla määritetään, millä työkaluilla kukin työstö tehdään. Kuviossa 22 on esitetty "Holes drop"-toiminnon käytöstä. Sillä voidaan esimerkiksi määrätä, millä porilla reiät porataan.



Kuvio 22. "Holes drop"-toiminnon toimintaperiaate. Valkoisille pisteille on määritetty käytettävät porat ja vihreille on vielä määrittämättä.

"Sequence"-toiminnolla määritetään työstöjärjestys. Työstöratujen järjestys on esitetty kuviossa 23. Aluksi porausyksikkö viedään aloituspaikkaan, jonka jälkeen painetaan ylhäällä olevaa punaista ympyrää, joka aloittaa työstöratujen järjestyksen tallentamisen. Lopuksi painetaan vihreää nuolta, niin työstöratujen järjestykset tallentuvat.

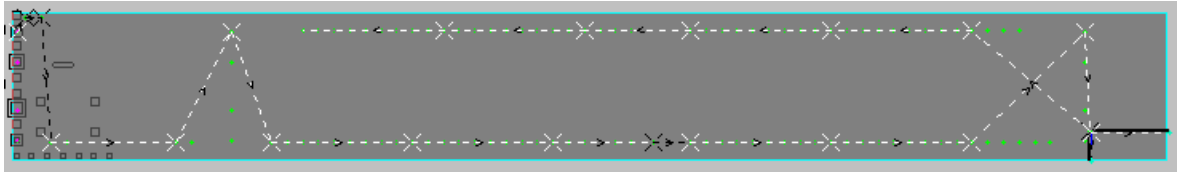


Kuvio 23. Työstöjärjestyksen määrittäminen "Sequence"-toiminnolla. Mustat nuolet kuvaavat työstösuuntaa ja valkoiset ruksit kuvaavat porauspaikkoja ja porauskerroja.

#### 4.3.1 Työstöjärjestys

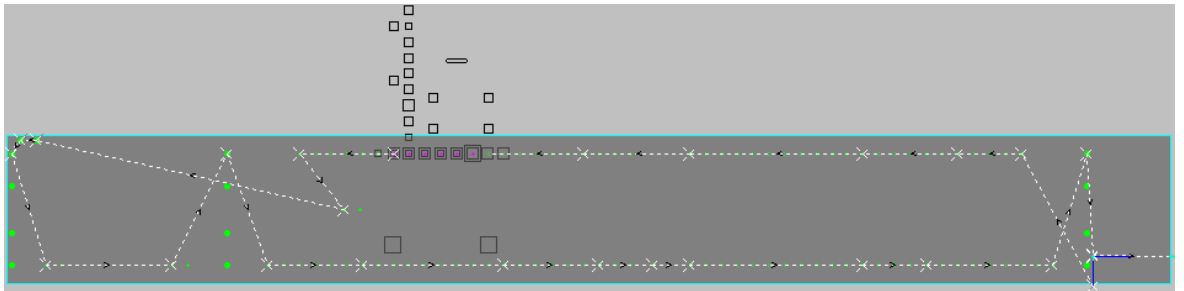
Työstöjärjestys suunniteltiin ensin niin, miten työstöt olisi kaikkein tehokkain tehdä. Aspan:lla näki työstöajan simuloimalla ohjelman, mutta todellisuudessa aika oli paljon hitaampi. Sillä pystyi kuitenkin vertaamaan eri työstöratojen järjestyksiä keskenään ja valitsemaan niistä nopeimman.

Kuviossa 24 on esitetty ensimmäinen versio työstöratojen järjestyksestä, jossa työstöt alkavat vasemmalta ja loppuvat vasemmalle ylös kaapin takaosan hyllynkannattimien porauksiin. Jyrsintä on työstöjärjestyksen keskivaiheilla. Aspan antoi työstöajaksi 60 sekuntia.



Kuvio 24. Ensimmäinen versio työstöratojen järjestyksestä.

Lähetin sähköpostilla 26.1.2011 kuvan työstöradoista Mikael Saarelalle. Saarela oli sitä mieltä, että työstöjen olisi hyvä loppua kappaleen alapäähän (kuviossa 24 oikealla), missä on sokkeli. Myöhemmin päätettiin, että jätetään toiselle puolelle n. 1,7 metrin tila kappaleen peilikuvan asentamista varten. Eli ohjelmissa työstöt piti lopettaa 900–1200 mm:n kohtaan x-akselille. Tämä työstöjärjestys on esitetty kuviossa 25. Aspan antoi työstöajaksi 1 min 10 sekuntia, joten Aspanin mukaan ohjelma hidastui 10 sekuntia.



Kuvio 25. Lopullinen versio työstöratojen järjestyksestä.

Edelliseen ohjelmaan verrattuna henkaritangolle on tehty reiät ja hyllynkannattimien porauksien teräsmäärä on muuttunut yhdeksästä kuuteen. Aspanissa ohjelmat alkavat aina vasemmalta yläkulmasta, joten sekin näkyy Aspanin ilmoittamassa työstöajassa hidastavana tai nopeuttavana riippuen siitä, mistä työstöt alkavat.

Myöhemmin Saarelan mukaan olisi ollut hyvä, että sokkeli työstetään viimeisenä, koska jysynnän jälkeen tulee noin 10 sekunnin viive, jota ei näkynyt Aspanissa. Viive saattaa johtua siitä, että kone odottaa jysymisen pysähtymistä ja suorittaa sitten vasta loput poraukset. NC-koodia kokeiltiin muuttaa siten, että ohjelmiin olisi lisätty manuaalisesti koodi M5, joka olisi pysäyttänyt karan, mutta CNC-kone ei tunnistanut M-koodeja. Parempi oli siis siirtää jysyntä työstöjärjestyksessä ohjel-



man loppuun. Porauksien järjestystä ei lähdetty enää muuttamaan. Todelliset työstöajat on esitetty kohdassa 4.5 Vertailu.

#### **4.3.2 NC-Ohjelmien nimeäminen**

Ohjelmat nimettiin soveltaen RT-kortistojen nimityksiä eri kaapistoille. Nimeämistä vaikeutti se, että nimet saivat olla maksimissaan kahdeksan merkkiä pitkä, koska CNC-koneessa näkyi ohjelmien nimissä maksimissaan vain kahdeksan merkkiä. Kun oli selvitetty, mitä tuotteita tehdään, täytyi jokaiselle kaapille keksiä sitä kuvaava lyhenne. Ohjelmien nimistä täytyy selvittää, minkälaisia työstöjä siihen kuuluu. Ohjelmien nimet voidaan jakaa kolmeen osaan; alku-, keski- ja loppuosa. Alkuosassa on ilmoitettu kaapin tyyppi, keskiosassa on kaapin syvyys- ja korkeusmitta. Loppuosassa kerrotaan, onko kaapissa sokkeli, miten kaappi on saranoitu, tai minkälaiset laatikot kaappeihin tulee. Taulukossa 4 on esitetty ohjelmille määritettyjen nimityksien alkuosien selitykset.

Taulukko 4. NC-ohjelmien nimityksien alkuosat ja niiden selitykset.

K	Komero
KAM	Komero, astianpesukone, mikro
KJ	Komero, jaettu
KL	Komero, liukuovi
KY	Komero, ylä
P	Pöytäkaappi
PH	Pöytäkaappi, hylly
PK	Pöytäkaappi
PKA	Pöytäkaappi, kulma, avomalli
PL	Pöytäkaappi, laatikko
PS	Pöytäkaappi, silityslauta
S	Seinäkaappi
SA	Seinäkaappi, astia
SH	Seinäkaappi, hylly
SHA	Seinäkaappi, hylly, avomalli
SHK	Seinäkaappi, hylly, kiinteät
SJ	Seinäkaappi, jaettu
SK	Seinäkaappi, kulma
SL	Seinäkaappi, liesi
SKA	Seinäkaappi, kulma, avomalli
SM	Seinäkaappi, mikro

Keskiosaan ohjelmien nimityksiä tulee kaapin syvyys- ja korkeusmitat senttimetreinä. Millimetrit olisivat olleet parempia kuin senttimetrit, mutta koska merkkejä sai olla vain kahdeksan, piti säästää merkkien määrässä. Seinäkaappien ja yläkome-roiden korkeus on ilmoitettu millimetreinä selvyuden vuoksi. Osasta komeroista ja pöytäkaapeista on jätetty merkkien säästämiseksi sokkelin lyhenne "S" pois, koska niissä sokkeli sisältyy kaapin korkeusmittaan. Esimerkiksi kun 710 mm korkeisiin kaappeihin lisätään sokkelin korkeus, eli 160 mm, saadaan 870 mm, tai 570 mm korkeisiin kaappeihin lisätään sokkeli, saadaan 730 mm. Eli korkeuden ollessa 870 mm, tiedetään että siinä on sokkeli. Ohjelmien nimityksien loppuosassa kerrotaan laatikkojen tyyppi ja määrä, tuleeko sokkeli vai ei, sekä saranoiden paikka tarvittaessa (esimerkiksi Y tarkoittaa yläsaranoitu). Taulukossa 5 on esitetty ohjelmille määritettyjen nimityksien loppuosien selitykset.

Taulukko 5. NC-ohjelmien nimityksien loppuosat ja niiden selitykset.

S	Sokkeli
I	Laatikkotyyppi, Innotech
M	Laatikkotyyppi, Multitech
Y	Yläsaranoitu
1-5	Laatikoiden lukumäärä

Kun ohjelmat saatiin valmiiksi, niistä tulostettiin lista CNC-koneen ohjaustaulun alapuolelle (ks. kuva 6). Liitteessä 1 on lista ohjelmien nimityksistä.



Kuva 6. CNC-koneen ohjaustaulun alla oleva lista ohjelmien uusista nimityksistä, jonka avulla löytää nimen tietylle kaapille.

#### 4.4 Vertailu

Työstöaikojen vertailua varten ajastettiin kahden yleisimmän kaapin työstöajat. Ensimmäinen kaappi oli KJ30220S, eli jaettu komero, syvyydeltään 300 mm, korkeudeltaan 2200 mm, kun siihen lisätään sokkelin korkeus, niin saadaan 2360 mm. Toinen kaappi oli SH30990, eli hyllyllinen seinäkaappi, jonka syvyys on 300 mm ja korkeus 990 mm. Uudet ohjelmat ovat noin 23–30 % nopeampia kuin vanhat ohjelmat. Työstöajat vanhan ja uuden ohjelman välillä on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Vanhojen ja uusien ohjelmien vertailu. Työstöajat on ilmoitettu sekunteina.

	Vanha ohjelma (s)	Uusi ohjelma (s)	Kehitys- %
<b>SH30990</b>	56	39	30 %
<b>KJ30220S</b>	136	105	23 %

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Oleellisia tuotteisiin tehtyjä muutoksia oli, että 285 mm syvät keittiökaapit vaihdettiin syvyydeltään 300 mm:iin. Hyllynkannattimien poraukset siirrettiin samalle tasolle saranoiden reikien kanssa, jotta saranat saataisiin porattua yhtä aikaa hyllynkannattimien kanssa. Uuden teräjärjestyksen määrityksestä hyödyttiin pöytälaatikoiden työstöjen nopeutumisella. Sen lisäksi 300 mm syvissä kaapeissa poratapi saatiin porattua yhdellä porauskerralla per puoli, kun aikaisemmin se on tehty 285 mm syvissä kaapeissa kahdella porauskerralla. Poratappien poraukset ovat keski-kohtaan nähden symmetriset, joten kiinteitä hyllyjä tai muita levyjä asennettaessa ei ole merkitystä miten päin hyllyn laittaa. Tämä nopeuttaa kaappien kokoonpanoa. Sokkelin kulmaan laitettiin 5 mm:n läpiporaus, jotta kulmasta tulisi terävämpi.

CNC-kone on valmistettu vuonna 1993 ja aikaisempi omistaja on todennäköisesti muokannut parametritietoja niin, että hyllynkannattimien poraukset oli mahdollista tehdä vain kuudella poralla. Tai sitten CNC-kone on mennyt ajan saatossa epä-kuntoon. Yritys voisi palkata korjaajan, jotta kone saataisiin kuntoon. Jos NC-ohjelmia halutaan joskus vielä kehittää, on muutettava parametritietoja tai muita ohjauksen järjestelmiä. Niistä on kuitenkin hankittava ensin varmuuskopiot.

Aspan 5.0 on vanha ohjelma, mutta sillä onnistui silti hyvin tehdä ohjelmat suhteellisen tehokkaiksi. Huono puoli ohjelmassa oli, että se vaatii vanhemman tietokoneen, että sitä voitiin käyttää. Kaikissa uusissa tietokoneissa ei enää ole diskettiasemia, jolloin ohjelmat oli monimutkaisempi siirtää CNC-koneelle. Lisäksi huono puoli oli, että ohjelmia muokatessa työstöradat jouduttiin tekemään uudelleen. Aluksi hämmennystä aiheutti se, kun ohjelma näytti porauksen tapahtuvan teräpaikoilla 11–16, vaikka todellisuudessa poraus tapahtui teräpaikoilla 10–15. Aspanista on myös uudempiä versioita saatavilla, joissa ei välttämättä ole samoja ongelmia. Pikaliikkeitä ei saanut Aspanissa ohjelmoitua, joten ne jätettiin pois tästä opinnäytetyöstä.

Sokkelin työstötavassa oli outoa se, että kun sokkelista jysittiinkin ensin lyhyt osuus ja sitten vasta pitkä, niin se ei enää rikkonut levyä ulostulokohdastaan, vaikka teoriassa mikään ei muuttunut. Mikäli kuitenkin ongelmia vielä tulee, jysinnän voi tehdä myös niin, että jysitään aloittaen reunasta ja lopettaen keskelle sokkelin kulmaan. Vaikka kaappien työstöihin tulikin yksi ylimääräinen poraus (5 mm:n läpiporaus), työstöajat saatiin silti noin 23–30 % nopeammaksi. Lisäksi saranoiden poraus tapahtui nopeammin, koska ne siirrettiin samalle tasolle hyllynkannattimien kanssa. Laatikoiden poraukset tapahtuivat myös nopeammin, kun niiden porauksiin käytettiin kahta poraa.

Testaukset olisi pitänyt tehdä monipuolisemmin käyttämällä useampia testiohjelmiä, joissa on enemmän työstötapoja ja työstösuuntia. Testauksissa on käytettävä niitä materiaaleja, joita tuotteiden valmistukseenkin käytetään, jotta saadaan selvä käsitys, miten työstöt toimivat. Alussa olisi ollut hyvä käyttää CNC-konetta pari viikkoa, niin olisi voinut keksiä lisää kehitysehdotuksia.

Ohjemien nimeämisestä seurannut suurin hyöty oli sisäisten asetusajkojen lyheneminen. Ohjelmia ei tarvitse enää etsiä CNC-koneelta, vaan listasta voidaan katsoa tietyn kaapin NC-ohjelman nimi ja kirjoittaa se CNC-koneelle, jolloin se löytyy heti. Samalla saatiin looginen pohja ohjelmien nimeämiseen.

## 6 YHTEENVETO

Nordic Kaluste Ky:n Morbidelli Author 503 CNC-koneen työstöohjelmat ovat hitaita ja kaapistojen työstötavoissa on kehitettävää. Ohjelmat on tehty aina, kun niitä on tarvittu, eikä ohjelmien nimeämiseen ei ole käytetty mitään loogista kaavaa. Tämän vuoksi ohjelmien etsimiseen CNC-koneelta kuluu aikaa. Muun muassa teräjärjestys, poratappien paikat ja työstöradat on suunniteltava uudelleen. Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena on piirtää yritykselle uudet työstöohjelmat ja tehdä niistä mahdollisimman tehokkaat. Toissijaisena tavoitteena on lyhentää asetusaikoja. Asetusaikoja lyhennetään pääasiassa ohjelmien nimeämisellä.

NC- tai CNC-työstökone voi olla esimerkiksi pora-, hioma-, jyrsin- ja avarruskone, sorvi, työstökeskus, ja niin edelleen. NC-tekniikkaa käytetään hyväksi myös levyn-työstö-, laserleikkaus- ja polttoleikkauskoneissa. NC-työstökoneiden ulkonäköä yhdistää niiden tukevuus ja monipuolisuus. Niitä yhdistää myös se, että kaikki liikkeet ovat ohjattavissa ja valvottavissa sähköisesti. NC-työstökoneen luistit, kelkat ja karat ovat erittäin herkkiä ja tarkkaliikkeitä (ohjelmointitarkkuus on 0,001 mm).

Ohjelmoijan tulee tuntea NC-koodin lisäksi sallitut lauserakenteet ja sanajärjestys, koska tietokoneavusteisella ohjelmoinnilla pystytään harvoin laatimaan parasta mahdollista ohjelmaa, vaan sitä kehitetään manuaalisesti. Manuaalisessa ohjelmoinnissa ohjelma kirjoitetaan lause kerrallaan esimerkiksi tietokoneen tekstieditorilla tietokoneen tiedostoksi, jonka jälkeen ohjelma siirretään NC-koneelle. Manuaalisella ohjelmoinnilla saadaan optimaaliset ohjelmat työstöaikojen ja ymmärrettävyyden suhteen. Tietokoneavusteisessa ohjelmoinnissa kappale suunnitellaan geometrisesti käyttämällä CAD-tietokantaa. Joissakin järjestelmissä työstöradat voidaan luoda samaan tietokantaan CAD-mallin kanssa, jolloin puhutaan CAD/CAM-järjestelmästä. Järjestelmä muuttaa postproessorien avulla tietokoneella tehdyt kuvat ja työstöradat numeeriseksi NC-koodiksi, joka siirretään CNC-koneelle. Valmistettavan kappaleen NC-ohjelmaa suoritettaessa NC-ohjain siirtää aktiivisen ohjelman välimuistiin, jossa sitä käsitellään lause kerrallaan esivalmiste-

lun läpi. Esivalmistelun jälkeen lauseet puretaan ja niistä muodostuu komentoja CNC-koneelle.

Läpäisyaikoja voidaan lyhentää pienentämällä valmistuserien kokoja, poistamalla välivarastoja ja lyhentämällä asetusajoja. Mitä suurempia valmistuserät ovat, sitä suuremmat ovat odotusajat työvaiheiden välillä. Valmistuksen eräkoon pienentäminen edellyttää usein asetusajojen lyhentämistä. Asetusaika muodostuu työkalujen-, kiinnittimien-, ohjelmien- tai raaka-aineiden vaihdosta, sekä muista tuotantoerän aloittamiseen liittyvistä toimenpiteistä. Asetusaikoja voidaan lyhentää lyhentämällä edellä oleviin toimenpiteisiin kuluvaan aikaan ja organisoimalla asetusten teko tehokkaammin.

Kokeellisessa osassa haastatellaan yritysedustajaa ja selvitetään, mitä asioita tuotteissa tai CNC-koneessa halutaan kehitettävän. Lisäksi selvitetään yksityiskohdat ohjelmien tekemiseen, muiden muassa raaka-aineet, mitoitus ja origon paikka. Myös CNC-koneen ominaisuuksiin on perehdyttävä kunnolla, jotta sisäistetään koneen käyttömahdollisuudet.

Kun kaikki tarvittavat tiedot on saatu ja suunnitelmat tehty, tehdään testiohjelma, jossa on kaikki käytettävät työstöt. Testiohjelman tarkoituksena on kokeilla, että ohjelmat toimivat niin kuin on suunniteltu. Mikäli testiohjelma ei toimi kuten pitäisi, suunnitelmaa ja testiohjelmaa muutetaan niin, että kaikki toimii. Työstettävä kappale ja reikien syvyydet on myös mitattava, jonka jälkeen tehdään tarvittavat työkalukorjaukset. Samalla testataan erilaisia työstötapoja ja työstöratia. Ennen testiohjelman työstöä, CNC-koneen terät ja teräjärjestys on vaihdettava suunnitelman mukaiseksi. Kun työstöt saadaan toimimaan, suunnitellaan työstöjärjestys.

Ohjelmat nimetään siten, että niistä selviää kaapin tyyppi, syvyys, korkeus, ynnä muut tarvittavat käytännön tiedot. Kun ohjelmien nimet on määritetty, alkaa varsinaisten ohjelmien teko. Ohjelmat tehtiin Aspan 5.0 CAD/CAM-järjestelmällä. Työssä vertaillaan kahden yleisimmän tuotteen työstöaikaa vanhan ja uuden ohjelman



välillä. Lopuksi vertaillaan myös vanhojen ja uusien ohjelmien eroavaisuuksia; mitä muutettiin ja mitä uutta kehitettiin.

Eroavaisuuksia vanhempiin käytäntöihin oli, että 285 mm syvät keittiökaapit vaihdettiin syvyydeltään 300 mm:iin. Hyllynkannattimien poraukset siirrettiin samalle tasolle saranoiden reikien kanssa, jotta saranat saataisiin porattua yhtä aikaa hyllynkannattimien kanssa. Uuden teräjärjestyksen määrityksestä hyödyttiin pöytälaatikoiden työstöjen nopeutumisella. Sen lisäksi 300 mm syvissä kaapeissa poratapidettiin porattua yhdellä porauskerralla per puoli, kun aikaisemmin se on tehty 285 mm syvissä kaapeissa kahdella porauskerralla. Poratappien poraukset ovat keski-kohtaan nähden symmetriset, joten kiinteitä hyllyjä tai muita levyjä asennettaessa ei ole merkitystä, miten päin hyllyn asentaa. Tämä nopeuttaa kaappien kokoonpanoa. Sokkelin kulmaan laitettiin 5 mm:n läpiporaus, jotta kulmasta tulisi terävämpi, koska sirkkelin terä ei kääntynyt.

Ohjelmat nimettiin loogisesti RT-korttien mukaan. Rajauksia ohjelmien nimeämiseen toi se, että CNC-koneessa näkyi vain kahdeksan merkkiä ohjelman nimestä, joten kirjaimia/numeroita piti saada mahdollisimman vähän, että niihin saataisiin tarvittavat tiedot. Esimerkiksi 400 mm syvä, 1750 mm korkea komero, sokkelilla, on nimetty K40175S. Ohjelmien nimeämisestä seurannut suurin hyöty oli sisäisten asetusajojen lyheneminen. Ohjelmia ei tarvitse enää etsiä CNC-koneelta, vaan listasta voidaan katsoa tietyn kaapin NC-ohjelman nimi ja kirjoittaa se CNC-koneelle, jolloin se löytyy heti. Samalla saatiin looginen pohja ohjelmien nimeämiseen. Lisäksi asetusajat lyhenivät ohjelmien nimeämisen myötä.

Aspan 5.0 on vanha ohjelma, mutta sillä onnistui silti hyvin tehdä ohjelmat suhteellisen tehokkaiksi. Huono puoli ohjelmassa oli, että se vaatii vanhemman käyttöjärjestelmän, että sitä voitiin käyttää. Kaikissa tietokoneissa ei enää ole diskettiasemia, joten ohjelmat oli monimutkaisempi siirtää CNC-koneelle. Lisäksi ohjelmia muokatessa, työstöradat jouduttiin tekemään uudelleen, koska Aspan ei avannut tallennettuja tiedostoja. Aluksi hämmennystä aiheutti se, kun ohjelma näytti porauksen tapahtuvan teräpaikoilla 11–16, vaikka todellisuudessa poraus

tapahtui teräpaikoilla 10–15. Aspanista on myös uudempia versioita saatavilla, joissa ei välttämättä ole samoja ongelmia. Pikaliikkeitä ei saanut Aspanissa ohjelmoitua. Ne olisi pitänyt ohjelmoida manuaalisesti, mutta tiukan aikataulun vuoksi tähän ei aika riittänyt.

Sokkelin työstötavassa oli outoa, että kun sokkelista jysrittiinkin ensin lyhyt osuus ja sitten vasta pitkä, niin levy ei enää rikkoutunut ulostulokohdastaan, vaikka teoriassa mikään ei muuttunut. Mikäli kuitenkin ongelmia vielä tulee, jysinnän voi tehdä myös niin, että jysittää aloittaen reunasta ja lopettaen keskelle sokkelin kulmaan. Vaikka kaappien työstöihin tulikin yksi ylimääräinen poraus (5 mm:n läpiporaus), työstöajat saatiin silti noin 23–30 % nopeammaksi. Lisäksi saranoiden poraus tapahtui nopeammin, koska ne siirrettiin samalle tasolle hyllynkannattimien kanssa. Laatikoiden poraukset tapahtuivat myös nopeammin, kun niiden poraukseen käytettiin kahta poraa yhden sijasta.

Testaukset olisi pitänyt tehdä monipuolisemmin käyttämällä useampia testiohjelmiä, joissa on enemmän työstötapoja ja työstösuuntia. Testauksissa on käytettävä niitä materiaaleja, joita tuotteiden valmistukseenkin käytetään, jotta saadaan selvä käsitys, miten työstöt toimivat. Alussa olisi ollut hyvä käyttää CNC-konetta pari viikkoa, olisi voinut löytyä lisää kehitysehdotuksia.

## LÄHTEET

Ala-Louko, M. Projekti-insinööri. SeAMK:n Puulaboratorio. Haastattelu 9.12.2010.

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere: Infacs Oy.

Höchsmann. 2010. Morbidelli CNC-machining centre Author 503. Klipphausen: Höchsmann GmbH. [Viitattu 23.3.2011]. Saatavana: <http://www.hoechsmann.com/30611>

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2009. Konetekniikan perusteet. 7. uudistettu painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Kivimäki, J. 2011. Opinnäytetyöhön liittyvät valokuvat. Alajärvi: Nordic Kaluste Ky.

Maaranen, K. 2004. Koneistustekniikat. 5. uudistettu painos. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Molari, M. & Voutilainen, M. 1995. CAD/CAM-suunnittelu ja robottitekniikka. 1. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Morbidelli-käyttöohjekirja. 1993. Morbidelli Author 503: Koneistuskeskuksen käyttö ja ohjelmointi.

Pikkarainen, E. 1999. NC-tekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Purunpoistolaitteet. Ei päiväystä. Puhtaampi ilma, paremmat työskentelyolosuhteet. [Verkkojulkaisu]. Nokia: Kopovent Oy. [Viitattu 5.4.2011]. Saatavana: [http://www.kopovent.fi/filelibrary/pdf/Kopovent\\_purunpoisto\\_nettiin.pdf](http://www.kopovent.fi/filelibrary/pdf/Kopovent_purunpoisto_nettiin.pdf)

RT 47-10376. 1989. Kaapit, kaappityypit ja niiden sisusteet. Helsinki: Rakennustieto.

RT 47-10310. 1986. Asunnon kaappien ja niiden osien ja mittojen nimitykset. Helsinki: Rakennustieto.

Saarela, M. 2010. Toimitusjohtaja. Nordic Kaluste Ky. Haastattelu 2.12.2010.

Saarela, M. 2011. Toimitusjohtaja. Nordic Kaluste Ky. Sähköposti-haastattelu 26.1.2011

**LIITTEET**

Liite 1. Ohjelmien nimitykset, kaapin mitat, ja tarvittavat selitykset.

Määrä	Nimitys	Syvyys	Korkeus	Huom.
	KOMEROT			
1.	K30175	300	1750	
2.	K30175S	300	1910	
3.	K30192	300	1920	
4.	K30192S	300	2080	
5.	K40175	400	1750	
6.	K40175S	400	1910	
7.	K40192	400	1920	
8.	K40192S	400	2080	
9.	K46175	465	1750	
10.	K46175S	465	1910	
11.	K46192	465	1920	
12.	K46192S	465	2080	
13.	K56175	565	1750	
14.	K56175S	565	1910	
15.	K56192	565	1920	
16.	K56192S	565	2080	
17.	KAM220I	565	2200	AP.+Mikro
18.	KAM220M	565	2200	278+~1200+705
19.	KAM220SI	565	2360	278+~1200+705
20.	KAM220SM	565	2360	278+~1200+705
21.	KJ30198	300	1981	988+988
22.	KJ30198S	300	2141	
23.	KJ30203	300	2033	1750+278
24.	KJ30203S	300	2193	
25.	KJ30210	300	2105	1750+350
26.	KJ30210S	300	2265	
27.	KJ30220	300	2200	1750+445
28.	KJ30220S	300	2360	
29.	KJ30227	300	2275	1920+350
30.	KJ30227S	300	2435	
31.	KJ40198	400	1981	988+988
32.	KJ40198S	400	2141	
33.	KJ40203	400	2033	1750+278
34.	KJ40203S	400	2193	
35.	KJ40210	400	2105	1750+350
36.	KJ40210S	400	2265	
37.	KJ40220	400	2200	1750+445
38.	KJ40220S	400	2360	

39.	KJ40227	400	2275	1920+350
40.	KJ40227S	400	2435	
41.	KJ46198	465	1981	988+988
42.	KJ46198S	465	2141	
43.	KJ46203	465	2033	1750+278
44.	KJ46203S	465	2193	
45.	KJ46210	465	2105	1750+350
46.	KJ46210S	465	2265	
47.	KJ46220	465	2200	1750+445
48.	KJ46220S	465	2360	
49.	KJ46227	465	2275	1920+350
50.	KJ46227S	465	2435	
51.	KJ56198	565	1981	988+988
52.	KJ56198S	565	2141	
53.	KJ56203	565	2033	1750+278
54.	KJ56203S	565	2193	
55.	KJ56210	565	2105	1750+350
56.	KJ56210S	565	2265	
57.	KJ56220	565	2200	1750+445
58.	KJ56220S	565	2360	
59.	KJ56227	565	2275	1920+350
60.	KJ56227S	565	2435	
61.	KL56236	565	2360	Liukuovikomero
62.	KY30280Y	300	280	Yläsaranoitu
63.	KY30355	300	355	
64.	KY30355Y	300	355	Yläsaranoitu
65.	KY30450	300	450	
66.	KY40280Y	400	280	Yläsaranoitu
67.	KY40355	400	355	
68.	KY40355Y	400	355	Yläsaranoitu
69.	KY40450	400	450	
70.	KY46280Y	465	280	Yläsaranoitu
71.	KY46355	465	355	
72.	KY46355Y	465	355	Yläsaranoitu
73.	KY46450	465	450	
74.	KY56280Y	565	280	Yläsaranoitu
75.	KY56355	565	355	
76.	KY56355Y	565	355	Yläsaranoitu
77.	KY56450	565	450	
<b>PÖYTÄKAAPIT</b>				
78.	PH5657	565	570	Hyllypöytäkaappi
79.	PH5671	565	710	
80.	PH5673	565	730	Sokkeli

81.	PH5687	565	870	
82.	PKA2871	288	710	Avokulmapöytäkaappi
83.	PKA2887	288	870	Sokkeli
84.	PKA5671	569	710	
85.	PKA5687	569	870	Sokkeli
86.	PL4028I1	400	283	ovi+5mm
87.	PL4028M	400	283	1 laatikko
88.	PL4028SI	400	443	1 laatikko
89.	PL4028SM	400	443	1 laatikko
90.	PL4035I1	400	355	1 laatikko
91.	PL4035M	400	355	1 laatikko
92.	PL4035SI	400	510	1 laatikko
93.	PL4035SM	400	510	1 laatikko
94.	PL4045I1	400	450	1 laatikko
95.	PL4045M	400	450	1 laatikko
96.	PL4045SI	400	610	1 laatikko
97.	PL4045SM	400	610	1 laatikko
98.	PL5628I1	565	283	1 laatikko
99.	PL5628M	565	283	1 laatikko
100.	PL5628SI	565	443	1 laatikko
101.	PL5628SM	565	443	1 laatikko
102.	PL5635I1	565	355	1 laatikko
103.	PL5635M	565	355	1 laatikko
104.	PL5635SI	565	510	1 laatikko
105.	PL5635SM	565	510	1 laatikko
106.	PL5645I1	565	450	1 laatikko
107.	PL5645M	565	450	1 laatikko
108.	PL5645SI	565	610	1 laatikko
109.	PL5645SM	565	610	1 laatikko
110.	PL5657I4	565	570	
111.	PL5657M	565	570	
112.	PL5671I2	565	710	
113.	PL5671I5	565	710	
114.	PL5671M	565	710	
115.	PL5673I4	565	730	Sokkeli
116.	PL5673M	565	730	Sokkeli
117.	PL5687I2	565	870	Sokkeli
118.	PL5687I5	565	870	Sokkeli
119.	PL5687M	565	870	Sokkeli
120.	PS56710	565	710	
121.	PS56870	565	870	Sokkeli
	<b>SEINÄKAAPIT</b>			
122.	SL30590	300	590	Liesikaappi

123.	SA30705	300	705	Astiakuivauskaappi
124.	SH30705	300	705	
125.	SHA30705	300	705	Avoseinäkaappi
126.	SHK30705	300	705	Kiint.
127.	SJ30705	300	705	350+350
128.	SK30705	304	705	Kulmakaappi
129.	SKA28705	288	705	Avokulmakaappi
130.	SKA30705	304	705	Avokulmakaappi
131.	SL30846	300	846	Liesikaappi
132.	SM30850	300	846	Mikrokaappi 400+445
133.	SA30990	300	990	Astiakuivauskaappi
134.	SH30990	300	990	
135.	SHA30990	300	990	Avoseinäkaappi
136.	SHK30990	300	990	Kiint.
137.	SJ30990	300	990	705+278
138.	SK30990	304	990	Kulmakaappi
139.	SKA28990	288	990	Avokulmakaappi
140.	SKA30990	304	990	Avokulmakaappi
141.	SM301105	300	990	Mikrokaappi 400+705